

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-114568

(43)Date of publication of application : 24.04.2001

(51)Int.Cl.

C04B 35/622

H01G 4/12

H01G 4/30

(21)Application number : 11-295324

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 18.10.1999

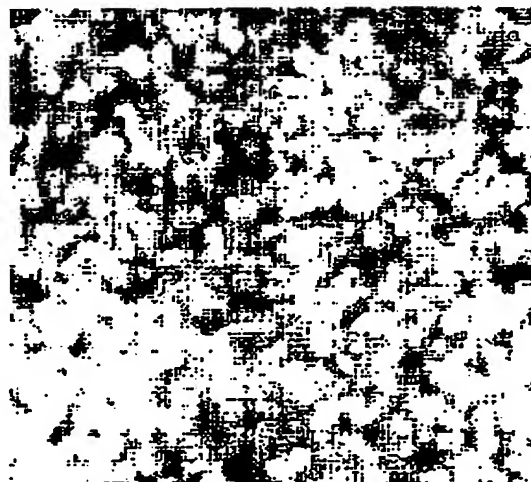
(72)Inventor : YAMANA TAKESHI
MIYAZAKI TAKAHARU

(54) METHOD FOR PRODUCTION OF CERAMIC GREEN SHEET

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably produce a ceramic green sheet having excellent surface smoothness and little pinhole defects, etc., even in the case of producing a sheet having thin thickness.

SOLUTION: The surface smoothness of a ceramic green sheet is improved independent of the particle diameter and dispersibility of the ceramic raw material by forming a ceramic slurry in the form of a sheet on a carrier film, drying the sheet to obtain a dried sheet (a ceramic green sheet free from smoothing treatment) and smoothing the green sheet by pressing together with the carrier film using a flat plate press, a hydrostatic press or a calender roll under prescribed temperature and pressure conditions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-114568

(P2001-114568A)

(43) 公開日 平成13年4月24日 (2001. 4. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ド* (参考)	
C 0 4 B 35/622		H 0 1 G 4/12	3 6 4	4 G 0 3 0
H 0 1 G 4/12	3 6 4	4/30	3 1 1 Z	5 E 0 0 1
4/30	3 1 1	C 0 4 B 35/00	G	5 E 0 8 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-295324

(22) 出願日 平成11年10月18日 (1999. 10. 18)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 山名 毅

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 宮崎 孝晴

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(74) 代理人 100092071

弁理士 西澤 均

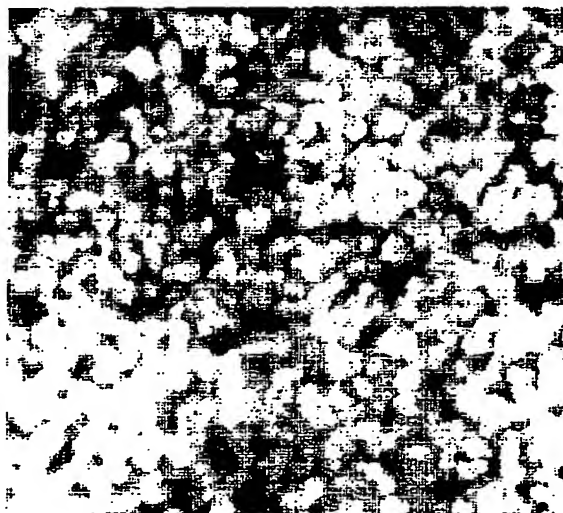
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックグリーンシートの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 厚みの薄いセラミックグリーンシートを製造する場合にも、表面の平滑性が良好で、ピンホール欠陥などの少ないセラミックグリーンシートを安定して製造することができるようにする。

【解決手段】 セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、平板プレス機、静水圧プレス機、又はカレンダーロール機を用いて、所定の温度条件、及び圧力条件で、キャリアフィルムごと加圧して平滑化処理することにより、セラミックの粒径や分散性に依存することなく、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を向上させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、
前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、
前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、少なくとも一対のプレス板を備えた平板プレス機を用い、プレス板表面温度：0～150℃、プレス圧力：500～10000

kgf/cm²の条件でキャリアフィルムごと平板プレス処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項2】プレス板表面温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm²の条件で平板プレス処理することを特徴とする請求項1記載のセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項3】分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、
前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、
前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、静水圧プレス機を用い、プレス温度：0～150℃、プレス圧力：500～10000 kgf/cm²の条件でキャリアフィルムごと静水圧プレス処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項4】プレス温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm²の条件で静水圧プレス処理することを特徴とする請求項3記載のセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項5】分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、
前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、
前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、少なくとも一対のニップロールを備えたカレンダーロール機を用い、ニップロール表面温度：0～150℃、プレス圧力（線圧）：50～1000 kgf/cmの条件でカレンダーロール処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項6】ニップロール表面温度：20～100℃、プレス圧力（線圧）：100～600 kgf/cmの条件でカレンダーロール処理することを特徴とする請求項5記

載のセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項7】前記セラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra値）が100nm以下になるように前記平滑化処理を施すことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの製造方法。

【請求項8】前記セラミックグリーンシートが、前記キャリアフィルムから剥離して積層することにより、積層セラミック電子部品の製造に使用されるものであって、前記キャリアフィルムに剥離可能に保持されているものであることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、積層セラミックコンデンサや積層バリスタのような積層セラミック電子部品の製造に使用されるセラミックグリーンシートの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】例えば、代表的な積層セラミック電子部品の一つである積層セラミックコンデンサは種々の用途に広く用いられているが、近年、電子部品の小型化が進むにつれて、小型・大容量化への要求がさらに増大してきている。

【0003】この積層セラミックコンデンサは、例えば、図3に示すような構造を有しており、複数の内部電極2a、2bが、誘電体層であるセラミック層1を介して、互いに対向し、かつ、内部電極2a、2bの一方の端部が、互いに異なる側の端面に引き出された構造を有するセラミック素子3の両端部に、内部電極2a、2bと導通する一対の外部電極4a、4bを配設することにより形成されている。

【0004】そして、このような積層セラミックコンデンサの製造に用いられるセラミックグリーンシートは、上述のような誘電体層であるセラミック層を形成するものであり、取得できる静電容量を大きくして製品の小型化を図るため、近年その薄膜化が進んでいる。

【0005】ところで、セラミックグリーンシートは、通常、セラミックスラリーをシート状に成形した後、これを乾燥させることにより製造されており、セラミックスラリーをシート状に成形する方法としては、ドクターブレード法やリバースロールコータ法などの種々の方法が用いられている。

【0006】例えば、図4は、従来のセラミックグリーンシートの製造方法の一例を示すものであり、ここでは、キャリアフィルム供給部（キャリアフィルム供給ローラ）51から、キャリアフィルム52を供給し、所定の位置で、セラミックスラリー塗布手段（シート成形手段）（この例ではドクターブレード法を用いている）53により、セラミックスラリー54をキャリアフィルム52上に塗布した後、キャリアフィルム52とともにセ

ラミックスラリー54を搬送し、乾燥手段55により、セラミックスラリー54を乾燥させてセラミックグリーンシート56を形成した後、シート回収ローラ57によって、表面にセラミックグリーンシート56を保持するキャリアフィルム52を巻き取ることにより、形成されたセラミックグリーンシート56をキャリアフィルム52に保持された状態で回収するようにしている。

【0007】ところで、図3に示すような積層セラミックコンデンサにおいて、内部電極2a、2b間に介するセラミック層1の厚み（素子厚）が $3\mu\text{m}$ 以下になると、それに用いられるセラミックグリーンシートとして、厚みの薄いセラミックグリーンシートを製造することが必要になる。しかし、上述のような従来の方法によって厚みの薄いセラミックグリーンシートを製造すると、セラミックグリーンシートの表面粗さが粗くなった

り、セラミックグリーンシートにピンホール欠陥（ポア）が発生したりするという問題点がある。

【0008】このため、セラミック層を形成するセラミックグリーンシートの平滑性を向上させるとともに、セラミックグリーンシートの密度を高める目的で、セラミ

ック粉末材料の粒子径を小さくする方法が開示されている（特開平10-223469号）。

【0009】しかし、一般に粒子径が小さくなると、セラミック粉末自体が凝集しやすくなり、分散性が低下することから、粒子径を小さくするという方法のみでは、セラミックグリーンシートの表面平滑性の向上や高密度化にも限界がある。さらに、セラミック誘電体粉末の場合、同じ組成で単純に粒子径を小さくしていくと、誘電率が低下し、積層セラミックコンデンサの大容量化に十分に対応できなくなるという問題点がある。

【0010】また、セラミックスラリーを分散させる方法として、サンドミルやビスコミルなどの方法によりセラミックスラリーを高速回転させ、セラミックスラリーに大きなせん断力を与えることにより分散させる方法があるが、セラミック粉末に大きなせん断力を与えると、分散は進むものの、一部のセラミック粉末が粉砕されてしまうという問題点がある。すなわち、セラミック粉末が粉砕されると、高分散化によってシートの表面平滑性は向上するものの、セラミック粉末の粉砕が特性の変動をもたらし、得られる積層セラミックコンデンサの温度特性が設計時の目標範囲から外れてしまったり、セラミック誘電体の誘電率が低下したりするという問題点がある。

【0011】本願発明は、上記問題点を解決するものであり、厚みの薄いセラミックグリーンシートを製造する場合にも、表面の平滑性が良好で、ピンホール欠陥などの少ないセラミックグリーンシートを安定して製造することが可能なセラミックグリーンシートの製造方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本願発明のセラミックグリーンシートの製造方法は分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、少なくとも一対のプレス板を備えた平板プレス機を用い、プレス板表面温度： $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ 、プレス圧力： $500\sim 10000\text{ kgf/cm}^2$ の条件でキャリアフィルムごと平板プレス処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴としている。

【0013】セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、平板プレス機を用いて、プレス板表面温度： $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ 、プレス圧力： $500\sim 10000\text{ kgf/cm}^2$ の条件でキャリアフィルムごと平板プレス処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を、セラミックの粒径や分散性に依存することなく向上させることが可能になり、積層セラミックコンデンサを製造する場合などに使用するのに適したセラミックグリーンシートを確実に製造することが可能になる。

【0014】なお、平板プレス機は、例えば、鏡面研磨された硬質クロムめっき層が表面に配設された1対の平行平板（プレス板）と、プレス板によるプレス圧力を制御する圧力制御手段と、プレス板を所定の温度に加熱する加熱手段を備え、一対のプレス板間にセラミックグリーンシートを挟み、所定の温度に加熱しながら両面側から押圧することにより、セラミックグリーンシートの表面を平滑化することができるよう構成された装置であって、平板プレス機の具体的な構成については特に制約はない。

【0015】また、平板プレス法により平滑化処理を行う場合、セラミックグリーンシートを1枚ずつプレス処理してもよく、また、複数枚重ねてプレス処理してもよい。ただし、セラミックグリーンシートがプレス板に接着しないように、セラミックグリーンシート表面に、剥離処理が施されたフィルムの処理面を合わせてプレス処理することが望ましい。また、複数枚重ねてプレス処理する場合には、セラミックグリーンシートが、重ねたキャリアフィルムに接着しないように、間に剥離処理が施されたフィルムの処理面とセラミックグリーンシート表面を合わせてプレス処理するか、キャリアフィルムの裏面に剥離処理を行ったものを用いることが望ましい。

【0016】本願発明において、プレス板表面温度の範囲を $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ としたのは、 0°C 未満の場合、シート表面が堅くなり表面粗さ（Ra）の低減効果が不十分になり、また、 150°C を超えた場合には、シートが熱可

塑性によって軟化し、キャリアフィルムから剥離してプレス板側に移行してしまうことによる。また、プレス圧力を500～10000 kgf/cm²の範囲としたのは、プレス圧力が500 kgf/cm²未満の場合、十分な表面平滑化効果が得られず、また、プレス圧力が10000 kgf/cm²を超える場合、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離したり、破れたりして処理することができなくなることによる。

【0017】また、本願発明の請求項2のセラミックグリーンシートの製造方法は、プレス板表面温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm²の条件で平板プレス処理することを特徴としている。

【0018】プレス板表面温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm²の条件で、平板プレス処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。なお、プレス板表面温度を100℃以下に限定したのは、セラミックグリーンシートを100℃を超えて150℃以下に加熱すると、場合によっては、熱可塑性によってセラミックグリーンシートがプレス板側に移行しようとして、シート表面に皺が発生し、表面粗さの低減効果が不十分になることによる。

【0019】また、プレス板間のプレス圧力を6000 kgf/cm²以下に限定したのは、6000 kgf/cm²を超えて10000 kgf/cm²以下のプレス圧力にすると、場合によっては、セラミックグリーンシートの表面に皺が発生して、表面粗さの低減効果が不十分になることによる。

【0020】上述のように、セラミックグリーンシートに適した温度条件と圧力条件範囲を設定して平板プレスを行うことにより、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離したり、破れたりすることなく、セラミックグリーンシートの表面平滑化効果を確実に得ることが可能になる。

【0021】また、本願発明（請求項3）のセラミックグリーンシートの製造方法は、分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、静水圧プレス機を用い、プレス温度：0～150℃、プレス圧力：500～10000 kgf/cm²の条件でキャリアフィルムごと静水圧プレス処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴としている。

【0022】セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、静水圧プレス機を用いて、プレス温度：0～150

℃、プレス圧力：500～10000 kgf/cm²の条件でキャリアフィルムごと静水圧プレス処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を、セラミックの粒径や分散性に依存することなく向上させることが可能になり、積層セラミックコンデンサなどに使用するのに適したセラミックグリーンシートを確実に製造することが可能になる。

【0023】なお、静水圧プレス機は、例えば、オイルや水などの液体が満たされた圧力容器と、液体を加圧する加圧シリンダーと、液体を加圧する圧力を制御する制御手段と、液体を所定の温度に加熱する加熱手段とを具備し、例えば、鏡面研磨された金属ロールの表面に、セラミックグリーンシートを巻き付けた状態で可撓性シートにより真空バックし、静水圧プレス機のオイルや水などの液体に浸漬し、静水圧プレスを行うことにより、セラミックグリーンシートが金属ロール面及びセラミックグリーンシート裏面のフィルムに均一な圧力で押し付けられ、セラミックグリーンシートの表面が平滑化されるように構成された装置を意味するものであり、その具体的な構成に特別の制約はない。なお、上記金属ロールの代わりに金属以外の材料からなるロールを用いることも可能である。

【0024】また、静水圧プレス法によりプレスする場合に、セラミックグリーンシートを前記金属ロールの周囲に何重にも重ねて巻き付けて処理する場合には、キャリアフィルムとして、その裏面に剥離処理を施したものをを用いることが望ましい。また、セラミックグリーンシートを何重にも積み重ねて金属ロールに巻き付けた場合に、全体としてのセラミックグリーンシートの厚みが大きくなると、巻き付けられたセラミックグリーンシートの両端面側から加わる圧力も無視できなくなり、変形を生じる場合がある。このような場合には、金属ロールの両端部にフランジ部（鈎部）を設け、セラミックグリーンシートの両端面が前記フランジ部に密着するように巻き付けることにより、セラミックグリーンシートの両端面側から加わる悪影響を防止することができる。

【0025】また、上記の金属ロールの代わりに、平板プレートを用いて静水圧プレスを行うことも可能である。なお、セラミックグリーンシートを複数枚積み重ねた状態で静水圧プレスを行うときには、キャリアフィルムとして、その裏面に剥離処理を施したものをを用いることが望ましい。

【0026】本願発明において、プレス温度の範囲を0～150℃とし、プレス圧力の範囲を500～10000 kgf/cm²としたのは、上記請求項1の平板プレス法により平滑化処理を施す場合の限定理由と同様である。

【0027】また、請求項4のセラミックグリーンシートの製造方法は、プレス温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm²の条件で静水圧プレス処理することを特徴としている。

【0028】プレス温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm² の条件で、静水圧プレス処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。前記プレス温度を20～100℃とし、プレス圧力を1000～6000 kgf/cm² と限定したのは、上述の請求項2において、プレス板表面温度の範囲を0～100℃とし、プレス圧力の範囲を1000～6000 kgf/cm² とした場合の限定理由と同様である。

【0029】上述のように、セラミックグリーンシートに適した温度条件と圧力条件範囲を設定して静水圧プレスを行うことにより、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離したり、破れたりすることなく、セラミックグリーンシートの表面平滑化効果を確実に得ることが可能になる。

【0030】また、請求項5のセラミックグリーンシートの製造方法は、分散媒にセラミック粉末を分散させたセラミックスラリーを、キャリアフィルム上に塗布してシート状に成形する成形工程と、前記キャリアフィルム上にシート状に成形されたセラミックスラリーを乾燥させる乾燥工程と、前記セラミックスラリーを乾燥することによりキャリアフィルム上に形成された乾燥シートを、少なくとも一対のニップロールを備えたカレンダーロール機を用い、ニップロール表面温度：0～150℃、プレス圧力（線圧）：50～1000 kgf/cm の条件でカレンダーロール処理することにより表面を平滑化する平滑化処理工程とを具備することを特徴としている。

【0031】セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、カレンダーロール機を用いて、ニップロール表面温度：0～150℃、プレス圧力（線圧）：50～1000 kgf/cm の条件でキャリアフィルムごとカレンダーロール処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を、セラミックの粒径や分散性に依存することなく向上させることが可能になり、積層セラミックコンデンサなどに使用するのに適したセラミックグリーンシートを確実に製造することが可能になる。

【0032】なお、カレンダーロール機は、例えば、セラミックグリーンシートを予熱するプレヒートロール（場合によってはなくてもよい）と、少なくとも一対のニップロールと、望ましくは、ニップロールを加熱する加熱手段を備えてなり、一対のニップロール間にセラミックグリーンシートを挟んで両面側から押圧することにより、セラミックグリーンシートの表面を加圧して平滑化するように構成された装置を意味するものであり、カレンダーロール機的具体的な構成については特に制約はなく、一対のニップロールを備えたシングルニップロールタイプのカレンダーロール機や複数対のニップロール

を備えた多段ニップロールタイプのカレンダーロール機などの種々のタイプのものを用いることができる。

【0033】本願発明において、ニップロール表面温度の範囲を0～150℃としたのは、0℃未満の場合、シート表面が堅くなり表面粗さ（Ra）の低減効果が不十分になり、また、150℃を超えた場合には、シートが熱可塑性によって軟化し、キャリアフィルムから剥離してプレス板側に移行してしまうことによる。また、プレス圧力（線圧）を50～1000 kgf/cm の範囲としたのは、線圧が50 kgf/cm 未満の場合、十分な表面平滑化効果が得られず、また、線圧が1000 kgf/cm を超える場合、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離したり、破れたりして処理することができなくなることによる。

【0034】また、請求項6のセラミックグリーンシートの製造方法は、ニップロール表面温度：20～100℃、プレス圧力（線圧）：100～600 kgf/cm の条件でカレンダーロール処理することを特徴としている。

【0035】ニップロール表面温度：20～100℃、プレス圧力（線圧）：100～600 kgf/cm の条件で、カレンダーロール処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。なお、ニップロール表面温度を100℃以下に限定したのは、セラミックグリーンシートを100℃を超えて150℃以下に加熱すると、場合によっては、熱可塑性によってセラミックグリーンシートがプレス側に移行しようとして、セラミックグリーンシートの表面に皺が発生し、表面粗さの低減効果が不十分になることによる。

【0036】また、プレス圧力（線圧）を600 kgf/cm 以下に限定したのは、600 kgf/cm を超えて1000 kgf/cm 以下のプレス圧力（線圧）にすると、場合によっては、セラミックグリーンシートの表面に皺が発生して、表面粗さの低減効果が不十分になることによる。

【0037】上述のように、セラミックグリーンシートに適した温度条件と圧力（線圧）条件範囲を設定してカレンダーロール処理を行うことにより、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離したり、破れたりすることなく、セラミックグリーンシートの表面平滑化効果を確実に得ることが可能になる。

【0038】また、請求項7のセラミックグリーンシートの製造方法は、前記セラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra 値）が100 nm 以下になるように前記平滑化処理を施すことを特徴としている。

【0039】内部電極間に介在するセラミック層の厚み（素子厚）が3 μm 以下であるような積層セラミック電子部品においては、その製造に用いられるセラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra 値）が、100 nm を超えると、寿命が急激に低下する傾向があるが、本願発明を適用することにより、厚みが薄い場合にも、セラミック

グリーンシートの表面粗さ(Ra値)を100nm以下にすることが可能になり、それを用いて製造される積層セラミック電子部品の耐久性を向上させることが可能になる。なお、本願発明において、上述の表面粗さ(Ra値)は、原子力顕微鏡を使用して、5 μ m平方の領域の測定値(nm)によって判断した。

【0040】また、請求項8のセラミックグリーンシートの製造方法は、前記セラミックグリーンシートが、前記キャリアフィルムから剥離して積層することにより、積層セラミック電子部品の製造に使用されるものであって、前記キャリアフィルムに剥離可能に保持されているものであることを特徴としている。

【0041】本願発明は、厚みが薄く、表面の平滑性に優れていることが要求される積層セラミック電子部品用のセラミックグリーンシートを製造する場合に特に有益であり、セラミックスラリーをシート状に成形する成形工程や、表面を平滑化する平滑化処理工程では、セラミックグリーンシートをキャリアフィルムに保持させておき、積層などの工程では、キャリアフィルムから剥離して使用できるようにすることにより、例えば、内部電極間に介在するセラミック層の厚みが薄い薄層多層型の積層セラミックコンデンサなどの積層セラミック電子部品を効率よく製造することができるようになる。

【0042】なお、上述の本願発明のセラミックグリーンシートの製造方法により製造されたセラミックグリーンシートを用いて積層セラミック電子部品を製造するようにした場合、セラミック層と内部電極の界面の表面粗さ(Ra)を低減することが可能になる。また、セラミックグリーンシートに平滑化処理を施すことにより、セラミックグリーンシートの密度を高めることができるため、コンデンサの誘電体素子中に発生するボアーの発生率を低減することが可能になる。さらに、シートの密度が高まるため、電極ペーストの溶剤成分がシートに染み込んでシートバインダーが溶解されるシートアタック現象を抑制することが可能になる。その結果、本願発明の製造方法により製造したセラミックグリーンシートを用いることにより、平均寿命の長い、信頼性に優れた積層セラミック電子部品を製造することが可能になる。なお、本願発明は、セラミック層の厚み(素子厚)が3 μ m以下の積層セラミック電子部品用のセラミックグリーンシートを製造する場合に、特に有益であり、本願発明の製造方法で製造したセラミックグリーンシートを、例えば、積層セラミックコンデンサの製造に用いることにより、薄膜多層で、電気特性に優れ、小型大容量の積層セラミックコンデンサを効率よく製造することが可能になる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態を示して、その特徴とするところをさらに詳しく説明する。なお、ここでは、積層セラミックコンデンサの誘電体層

の形成に用いられるセラミックグリーンシートを製造する場合を例にとって説明する。

【0044】①まず、出発原料として、セラミック粉末(チタン酸バリウム系セラミック粉末)と、特性改質などを目的とした添加物とを所定量ずつ秤量し、湿式混合を経て、混合粉とする。このとき各添加物は、酸化物粉末あるいは炭酸塩粉末の形態で、セラミック粉末に混合する方法によって添加され、有機溶媒(分散媒)中に湿式分散される。この湿式分散(1次分散)の方法としては、セラミック粉末の粉砕が発生しない分散方法、及び分散条件を選択することが望ましい。すなわち、分散は、粉砕が発生しない程度のせん断力が与えられる条件で行うことが望ましい。なお、湿式分散方法としては、具体的には、ボールミル法、サンドミル法、ビスコミル法、高圧ホモジナイザー法、ニーダー分散法などを用いることができる。

②次に、上述の1次分散液に、有機バインダー、可塑剤及び有機溶媒(分散媒)を添加することによって、セラミックスラリーを調製し、前述の1次分散の方法と同様の方法で、2次分散させた。

③それから、このセラミックスラリーを、キャリアフィルム上にシート状に成形した。セラミックスラリーをシート状に成形する方法としては、ドクターブレード法や、リバースロールコーター法、ダイコーター法など、種々の公知の方法を用いることが可能である。このように、前記の分散処理、成形を経て、製造されるセラミックグリーンシートの表面粗さ(Ra)は、必ずしも単粒子となるほど高度に分散されている必要はなく、セラミック粉末の粉砕が生じていないということのほうが重要である。

④次に、このセラミックグリーンシートの表面を平滑にするために、平滑化処理を施した。この実施形態では、平板プレス法、静水圧プレス法、及びカレンダーロール法のそれぞれの方法により平滑化処理を施し、平滑化処理の方法の異なるセラミックグリーンシート(試料)を製造した。なお、この実施形態では、平板プレス機として、鏡面研磨された硬質クロムめっき層が表面に配設された1対の平行平板(プレス板)と、プレス板によるプレス圧力を制御する圧力制御手段と、一対のプレス板を所定の温度に加熱するとともに所定の温度に維持することができるように構成された加熱手段とを具備する平板プレス機を用いた。また、静水圧プレス機としては、液体が満たされた圧力容器と、液体を加圧する加圧シリンダーと、圧力を制御する制御手段と、液体を所定の温度に加熱するとともに所定の温度に維持することができるように構成された加熱手段と、セラミックグリーンシートが巻き付けられる、表面が鏡面研磨された金属ロールとを備えた静水圧プレス機を用い、金属ロールの表面にセラミックグリーンシートを巻き付けた状態で可撓性シートにより真空バックし、静水圧プレス機の液体中に浸

潰し、静水圧プレスを行った。また、カレンダーロール機としては、一対のニップロール（金属ロール）と、ニップロールを所定の温度に加熱する、温度制御機構を備えた加熱手段と、ニップロールでセラミックグリーンシートを両面側から挟んで加圧する際のプレス圧力（線圧）を制御するための圧力制御手段とを備えたいわゆるシングルニップロールタイプのカレンダーロール機を用いた。ただし、複数対のニップロールを備えた多段ニップロールタイプのカレンダーロール機を用いることも可能である。

⑤それから、上述のように、平板プレス法、静水圧プレス法、カレンダーロール法により、平滑化処理を施した後のセラミックグリーンシートの表面粗さを測定した。*

*なお、セラミックグリーンシートの表面粗さは、原子間力顕微鏡で測定し、5 μ m平方の領域のRa値を用いて評価した。

【0045】表1に比較例として、セラミック粉末の平均粒径が210nm（比較例1）、153nm（比較例2）、及び98nm（比較例3）のチタン酸バリウム粉末を用いてセラミックスラリーを作製し、キャリアフィルム上に、シート状に成形して乾燥することにより製造したセラミックグリーンシート（平滑化処理を施していないセラミックグリーンシート）の表面粗さ（Ra）を示す。

【0046】

【表1】

試料番号	セラミック粉末の 平均粒径 (nm)	表面粗さ (Ra) (nm)
比較例1	210	228
比較例2	153	162
比較例3	98	120

【0047】表面の平滑化処理が施されていない比較例1、2、3のセラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra）は、それぞれ、228nm、162nm、及び120nmであった。図1に比較例2のセラミックグリーンシートの表面を撮影した電子顕微鏡写真を示す。

【0048】また、表2及び表3に、平板プレス機を用※

20※い、プレス温度（プレス板の表面温度）及びプレス圧力を変えて、平滑化処理（平板プレス処理）した場合の、セラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra）を示す。

【0049】

【表2】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (Ra) (nm)
1	210	0	2,000	211
2	210	0	5,000	208
3	210	0	10,000	200
4*	210	20	200	228
5	210	20	500	192
6	210	20	1,000	110
7	210	20	4,000	80
8	210	20	6,000	72
9	210	20	10,000	165
10*	210	20	12,000	×
11	210	60	500	161
12	210	60	4,000	70
13	210	100	3,000	90
14	210	100	6,000	72
15	210	100	8,000	131
16*	210	100	11,000	×
17	210	125	6,000	141
18	210	150	500	170
19	210	150	10,000	176
20*	210	180	2,000	×

【0050】

50 【表3】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
21*	153	50	200	151
22	153	50	500	128
23	153	50	1,000	88
24	153	50	4,000	35
25	153	50	6,000	38
26	153	50	10,000	108
27*	153	50	12,000	×
28	153	0	3,000	145
29	153	20	3,000	100
30	153	70	3,000	37
31	153	120	3,000	106
32*	153	170	3,000	×
33	98	70	3,000	42
34	98	70	6,000	46
35	98	70	9,000	93
36*	98	70	12,000	×

【0051】また、表4及び5に、静水圧プレス機を用い、プレス温度（液温）及びプレス圧力を変えて、平滑化処理（静水圧プレス処理）した場合の、セラミックグ*
*リーンシートの表面粗さ（R a）を示す。
【0052】
【表4】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
101	210	0	2,000	221
102	210	0	5,000	218
103	210	0	10,000	190
104*	210	20	200	228
105	210	20	500	197
106	210	20	1,000	150
107	210	20	4,000	93
108	210	20	6,000	75
109	210	20	10,000	161
110*	210	20	12,000	×
111	210	60	500	163
112	210	60	4,000	67
113	210	100	3,000	98
114	210	100	6,000	68
115	210	100	8,000	142
116*	210	100	11,000	×
117	210	125	6,000	151
118	210	150	500	174
119	210	150	10,000	172
120*	210	180	2,000	×

【0053】

【表5】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (Ra) (nm)
121*	153	50	200	157
122	153	50	500	138
123	153	50	1,000	85
124	153	50	4,000	38
125	153	50	6,000	40
126	153	50	10,000	102
127*	153	50	12,000	×
128	153	0	3,000	142
129	153	20	3,000	62
130	153	70	3,000	45
131	153	120	3,000	98
132*	153	170	3,000	×
133	98	70	3,000	45
134	98	70	6,000	52
135	98	70	9,000	93
136*	98	70	12,000	×

【0054】また、表6及び7に、カレンダーロール機を用い、そのプレス温度（ニップロールの表面温度）及びプレス圧力（線圧）を変えて、平滑化处理（カレンダーロール処理）した場合の、セラミックグリーンシート*の表面粗さ（Ra）を示す。

【0055】

【表6】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (線圧) (kgf/cm ²)	表面粗さ (Ra) (nm)
201	210	0	200	212
202	210	0	500	191
203	210	0	1,000	183
204*	210	20	20	228
205	210	20	50	198
206	210	20	100	120
207	210	20	400	83
208	210	20	600	79
209	210	20	1,000	185
210*	210	20	1,200	×
211	210	60	50	168
212	210	60	400	77
213	210	100	300	98
214	210	100	600	73
215	210	100	800	142
216*	210	100	1,100	×
217	210	125	600	152
218	210	150	50	179
219	210	150	1,000	189
220*	210	180	200	×

【0056】

【表7】

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (線圧) (kgf/cm ²)	表面粗さ (R _a) (nm)
221*	153	50	20	162
222	153	50	50	138
223	153	50	100	90
224	153	50	400	32
225	153	50	600	33
226	153	50	1,000	119
227*	153	50	1,200	×
228	153	0	300	150
229	153	20	300	92
230	153	70	300	25
231	153	120	300	107
232*	153	170	300	×
233	98	70	300	24
234	98	70	600	26
235	98	70	900	84
236*	98	70	1,200	×

【0057】表2、3、4、5、6、7において、試料番号の右に*印を示しているものは、本願発明範囲外のもの（参考例）である。また、表面粗さ（R_a）の欄に×が示されたものは、セラミックグリーンシートに破れが発生したことを示すものである。

【0058】〔平板プレス法により平滑化処理を施した場合の表面粗さ（R_a）について〕

(a) 粒径210nmのセラミック粉末を用いた場合（表2参照）

試料番号1～20は、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた場合である。なお、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例1（表1）のセラミックグリーンシート（平滑化処理せず）のR_aは228nmであった。平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いたセラミックグリーンシートのうち、試料番号1～3は、プレス温度0℃で平滑化処理（平板プレス処理）を施したセラミックグリーンシートであり、プレス圧力を変えても、プレス温度が低いためにいずれもR_a低減の効果はわずかであった。試料番号4～10は、プレス温度20℃で平滑化処理（平板プレス処理）を施した場合である。試料番号4は、プレス圧力を本願発明の範囲より低い、200kgf/cm²とした参考例であって、プレス圧が500kgf/cm²未満のため、R_a低減効果は認められなかった。試料番号5～9は、プレス圧力が500kgf/cm²以上、10000kgf/cm²以下の場合で、R_a低減効果が認められ、特に、試料番号6～8のように、プレス圧力を1000～6000kgf/cm²とした場合に、大きなR_a低減効果が認められた。また、試料番号9は、プレス圧力が10000kgf/cm²と高いため、R_a低減効果は大きい、セラミックグリーン

シートにいくらか皺状の模様が発生した。試料番号10（参考例）は、プレス圧力10000kgf/cm²を超える場合で、シートがキャリアフィルムから剥離し、破れが生じた。試料番号11及び12は、プレス温度が60℃の場合である。プレス圧力はそれぞれ500kgf/cm²、4000kgf/cm²であり、プレス圧力がより好ましい範囲にある後者の方がR_a低減効果が大きいことがわかる。試料番号13～16は、プレス温度が100℃の場合である。プレス圧力1000～6000kgf/cm²の範囲で、よりR_aの低減効果が大きいことがわかる。試料番号16（参考例）は、プレス圧力が10000kgf/cm²を超えているため、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号17～19は、プレス温度及びプレス圧力が、より好ましい範囲にあり、R_aの低減効果が認められた。試料番号20（参考例）は、プレス圧力は好ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、シートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。

【0059】(b) 粒径153nmのセラミック粉末を用いた場合（表3参照）

試料番号21～32は、セラミック粉末の平均粒径が153nmの場合である。なお、平均粒径が153nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例2（表1）のセラミックグリーンシート（平滑化処理せず）のR_aは162nmであった。試料番号21～27は、プレス温度50℃で、プレス圧力を変化させた場合である。試料番号21（参考例）は、プレス圧力を本願発明の範囲より低い、200kgf/cm²とした参考例であって、プレス圧が500kgf/cm²未満のため、十分なR_a低減効果は認められなかった。試料番号22～26は、プレス圧力が本

願発明の条件範囲にあり、Raの低減効果が認められた。特に、試料番号23～25の試料は、プレス圧力がさらに好ましい条件範囲にあり、Ra100nm以下にまで表面粗さを低減できることがわかった。図2に試料番号24のセラミックグリーンシートの表面を撮影した電子顕微鏡写真を示す。比較例2のセラミックグリーンシート(図1参照)と比べると、組織が緻密化していることがわかる。また、試料番号27(参考例)は、プレス温度は50℃であり良好な範囲にあるが、プレス圧力が10000kgf/cm²を超えており、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号28～32は、プレス圧力を3000kgf/cm²とし、プレス温度を変化させた場合である。試料番号28～31は、プレス温度が本願発明の条件範囲にあり、Raの低減効果が認められた。特に、試料番号29、30では、さらに良好なRaの低減効果を示した。試料番号32(参考例)は、プレス圧力が3000kgf/cm²で望ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、シートの剥離が生じた。

【0060】(c)粒径98nmのセラミック粉末を用いた場合(表3参照)

試料番号33～36は、セラミック粉末の平均粒径が98nmの場合である。なお、平均粒径が98nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例3(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)のRaは120nmであった。試料番号33～36は、プレス温度が70℃で、プレス圧力を変化させた場合であった。試料番号33～35は、プレス温度及びプレス圧力がともに望ましい範囲にあり、セラミックグリーンシートのRa低減効果が認められた。また、試料番号33、34では、さらに良好な結果を示した。しかし、試料番号36(参考例)では、プレス圧力が10000kgf/cm²を超えているため、セラミックグリーンシートの剥離が生じた。

【0061】以上の結果から、平板プレス法による平滑化処理の条件(プレスの条件)として、プレス温度が0～150℃で、かつ、プレス圧力が500～10000kgf/cm²の範囲が好ましく、この範囲では、セラミックグリーンシートのRa低減効果が得られることが確認された。また、プレス温度が20～100℃、プレス圧力が1000～6000kgf/cm²のときに、より大きなRa低減効果が得られることがわかった。

【0062】[静水圧プレス法により平滑化処理を施した場合の表面粗さ(Ra)について]

(a)粒径210nmのセラミック粉末を用いた場合(表4参照)

試料番号101～120は、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた場合である。なお、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例1(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)のRaは228nmであった。平均粒径が210nmのセラミック

粉末を用いたセラミックグリーンシートのうち、試料番号101～103は、プレス温度0℃で平滑化処理(静水圧プレス処理)を施したセラミックグリーンシートであり、プレス圧力を変えても、プレス温度が低いためにいずれもRa低減の効果はわずかであった。試料番号104～110は、プレス温度20℃で平滑化処理(静水圧プレス処理)を施した場合である。試料番号104は、プレス圧力を本願発明の範囲より低い、200kgf/cm²とした参考例であって、プレス圧が500kgf/cm²未満のため、Ra低減効果は認められなかった。試料番号105～109は、プレス圧力が500kgf/cm²以上、10000kgf/cm²以下の場合で、Ra低減効果が認められ、特に、試料番号106～108のように、プレス圧力を1000～6000kgf/cm²とした場合に、大きなRa低減効果が認められた。また、試料番号109は、プレス圧力が10000kgf/cm²と高いため、Ra低減効果は大きい、セラミックグリーンシートにいくらか皺状の模様が発生した。試料番号110(参考例)は、プレス圧力10000kgf/cm²を超える場合で、シートがキャリアフィルムから剥離し、破れが生じた。試料番号111及び112は、プレス温度が60℃の場合である。プレス圧力はそれぞれ500kgf/cm²、4000kgf/cm²であり、プレス圧力がより好ましい範囲にある後者の方がRa低減効果が大きいことがわかる。試料番号113～116は、プレス温度が100℃の場合である。プレス圧力1000～6000kgf/cm²の範囲で、よりRaの低減効果が大きいことがわかる。試料番号116(参考例)は、プレス圧力が10000kgf/cm²を超えているため、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号117～119は、プレス温度及びプレス圧力が、より好ましい範囲にあり、Raの低減効果が認められた。試料番号120(参考例)は、プレス圧力は好ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。

【0063】(b)粒径153nmのセラミック粉末を用いた場合(表5参照)

試料番号121～132は、セラミック粉末の平均粒径が153nmの場合である。なお、平均粒径が153nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例2(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)のRaは162nmであった。試料番号121～127は、プレス温度50℃で、プレス圧力を変化させた場合である。試料番号121(参考例)は、プレス圧力を本願発明の範囲より低い、200kgf/cm²とした参考例であって、プレス圧が500kgf/cm²未満のため、十分なRa低減効果は認められなかった。試料番号122～126は、プレス圧力が本願発明の条件範囲にあり、Raの低減効果が認められた。特に、試料番号123～125の試料

は、プレス圧力がさらに好ましい条件範囲にあり、 R_a 100nm以下にまで表面粗さを低減できることがわかった。また、試料番号127(参考例)は、プレス温度は50℃であり良好な範囲にあるが、プレス圧力が1000kgf/cm²を超えており、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号128~132は、プレス圧力を3000kgf/cm²とし、プレス温度を変化させた場合である。試料番号128~131は、プレス温度が本願発明の条件範囲にあり、 R_a の低減効果が認められた。特に、試料番号129、130では、さらに良好な R_a の低減効果を示した。試料番号132(参考例)は、プレス圧力が3000kgf/cm²で望ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、シートの剥離が生じた。

【0064】(c)粒径98nmのセラミック粉末を用いた場合(表5参照)

試料番号133~136は、セラミック粉末の平均粒径が98nmの場合である。なお、平均粒径が98nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例3(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)の R_a は120nmであった。試料番号133~136は、プレス温度が70℃で、プレス圧力を変化させた場合である。試料番号133~135は、プレス温度及びプレス圧力がともに望ましい範囲にあり、セラミックグリーンシートの R_a 低減効果が認められた。また、試料番号133、134では、さらに良好な結果を示した。しかし、試料番号136(参考例)では、プレス圧力が10000kgf/cm²を超えているため、シートの剥離が生じた。

【0065】以上の結果から、静水圧プレス法による平滑化処理の条件(プレスの条件)としては、プレス温度が0~150℃で、かつ、プレス圧力が500~1000kgf/cm²のときに、セラミックグリーンシートの R_a 低減効果が得られることがわかった。また、プレス温度(液温)が20~100℃、プレス圧力が1000~6000kgf/cm²のときに、より大きな R_a 低減効果が得られることがわかった。

【0066】[カレンダーロール法により平滑化処理を施した場合の表面粗さ(R_a)について]

(a)粒径210nmのセラミック粉末を用いた場合(表6参照)

試料番号201~220は、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた場合である。なお、平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例1(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)の R_a は228nmであった。平均粒径が210nmのセラミック粉末を用いたセラミックグリーンシートのうち、試料番号201~203は、プレス温度(ニップロールの表面温度)0℃で平滑化処理(カレンダーロール処理)を施したセラミックグリーンシートであり、プレス圧力(線圧)を変えても、プレス温度が低いためにいずれも R_a

低減の効果はわずかであった。試料番号204~210は、プレス温度20℃で平滑化処理(カレンダーロール処理)を施した場合である。試料番号204は、プレス圧力(線圧)を本願発明の範囲より低い、20kgf/cmとした参考例であって、プレス圧が50kgf/cm未満のため、 R_a 低減効果は認められなかった。試料番号205~209は、プレス圧力(線圧)が50kgf/cm以上、1000kgf/cm以下の場合で、 R_a 低減効果が認められ、特に、試料番号206~208のように、プレス圧力(線圧)を100~600kgf/cmとした場合に、大きな R_a 低減効果が認められた。試料番号209は、プレス圧力(線圧)が1000kgf/cmと高いため、 R_a 低減効果は大きい、セラミックグリーンシートにいくらか皺状の模様が発生した。試料番号210(参考例)は、プレス圧力(線圧)が1000kgf/cmを超える場合で、シートがキャリアフィルムから剥離し、破れが生じた。試料番号211及び212は、プレス温度が60℃の場合である。プレス圧力(線圧)はそれぞれ50kgf/cm、400kgf/cmであり、プレス圧力(線圧)がより好ましい範囲にある後者の方が R_a 低減効果が大きいことがわかる。試料番号213~216は、プレス温度が100℃の場合である。プレス圧力(線圧)100~600kgf/cmの範囲で、より R_a の低減効果が大きいことがわかる。試料番号216(参考例)は、プレス圧力(線圧)が1000kgf/cmを超えているため、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号217~219は、プレス温度及びプレス圧力(線圧)が、より好ましい範囲にあり、 R_a の低減効果が認められた。試料番号220(参考例)は、プレス圧力(線圧)は好ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、シートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。

【0067】(b)粒径153nmのセラミック粉末を用いた場合(表7参照)

試料番号221~232は、セラミック粉末の平均粒径が153nmの場合である。なお、平均粒径が153nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例2(表1)のセラミックグリーンシート(平滑化処理せず)の R_a は162nmであった。試料番号221~227は、プレス温度50℃で、プレス圧力(線圧)を変化させた場合である。試料番号221(参考例)は、プレス圧力(線圧)を本願発明の範囲より低い、20kgf/cmとした参考例であって、プレス圧が50kgf/cm未満のため、十分な R_a 低減効果は認められなかった。試料番号222~226は、プレス圧力(線圧)が本願発明の条件範囲にあり、 R_a の低減効果が認められた。特に、試料番号223~225の試料は、プレス圧力(線圧)がさらに好ましい条件範囲にあり、 R_a 100nm以下にまで表面粗さを低減できることがわかった。また、試料番号227(参考例)は、プレス温度は50℃であり良好な範囲に

あるが、プレス圧力（線圧）が1000 kgf/cmを超えており、セラミックグリーンシートがキャリアフィルムから剥離して破れが生じた。試料番号228～232は、プレス圧力（線圧）を300 kgf/cmとし、プレス温度を変化させた場合である。試料番号228～231は、プレス温度が本願発明の条件範囲にあり、Raの低減効果が認められた。特に、試料番号229、230では、さらに良好なRaの低減効果を示した。試料番号232（参考例）は、プレス圧力（線圧）が300 kgf/cmで望ましい範囲にあるが、温度が150℃を超えているため、シートの剥離が生じた。

【0068】(c)粒径98 nmのセラミック粉末を用いた場合（表7参照）

試料番号233～236は、セラミック粉末の平均粒径が98 nmの場合である。なお、平均粒径が98 nmのセラミック粉末を用いた上述の比較例3（表1）のセラミックグリーンシート（平滑化処理せず）のRaは120 nmであった。試料番号233～236は、プレス温度が70℃で、プレス圧力（線圧）を変化させた場合である。試料番号233～235は、プレス温度及びプレス圧力（線圧）がともに望ましい範囲にあり、セラミックグリーンシートのRa低減効果が認められた。また、試料番号233、234では、さらに良好な結果を示した。しかし、試料番号236（参考例）では、プレス圧力（線圧）が1000 kgf/cmを超えているため、シートの剥離が生じた。

【0069】以上の結果から、カレンダーロール機による平滑化処理の条件（プレスの条件）として、ニップロール表面温度が0～150℃で、かつ、プレス圧力（線圧）が50～1000 kgf/cmのときに、セラミックグリーンシートのRa低減効果が得られることがわかった。また、ニップロール表面温度が20～100℃、プレス圧力（線圧）が100～600 kgf/cmのときに、より大きなRa低減効果が得られることがわかった。

【0070】なお、上記実施形態では、セラミックグリーンシートを構成するセラミック粉末として、チタン酸バリウム系セラミック粉末を用いた場合を例にとって説明したが、本願発明において、セラミック粉末はこれに限定されるものではなく、チタン酸ストロンチウム、チタン酸カルシウムなどを主成分とする種々のセラミック粉末からセラミックグリーンシートを形成する場合に、広く本願発明を適用することが可能である。また、セラミック粉末を含むセラミックスラリーとして、有機系スラリーを用いた場合を例にとって説明したが、水系スラリーを用いた場合にも、同様の効果を得ることが可能である。また、セラミックスラリーとしては、種々のバインダー、可塑性剤などを含むものを用いることが可能であり、目的とするセラミックグリーンシートに応じて、適宜その種類及び量を選択して用いることが可能である。

【0071】本願発明は、さらにその他の点においても、上記実施形態及び実施例に限定されるものではなく、発明の要旨の範囲内において、種々の応用、変形を加えることが可能である。

【0072】

【発明の効果】上述のように、本願発明（請求項1）のセラミックグリーンシートの製造方法は、セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、平板プレス機を用いて、プレス板表面温度：0～150℃、プレス圧力：500～10000 kgf/cm²の条件でキャリアフィルムごと平板プレス処理するようにしているので、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を、セラミックの粒径や分散性に依存することなく向上させることが可能になり、積層セラミックコンデンサなどに使用するのに適したセラミックグリーンシートを確実に製造することが可能になる。また、平滑化処理によりセラミックグリーンシートの密度が高くなるため、ボアーなどの内部欠陥の発生や、電極ペーストをセラミックグリーンシートに印刷するような場合に、電極ペーストの溶剤成分がシートに染み込んでシートバインダーが溶解されるシートアタック現象の発生などを抑制することが可能になる。したがって、本願発明の方法により製造したセラミックグリーンシートを用いて積層セラミックコンデンサなどの積層セラミック電子部品を製造することにより、平均寿命の長い、信頼性の壊れた積層セラミック電子部品を製造することが可能になる。また、本願発明においては、セラミックグリーンシートに平滑化処理を施すようにしているので、セラミックグリーンシートの表面の平滑化をセラミック粒子の分散性の高さにより実現しようとする方法のように、セラミックスラリーの分散時に、過剰なせん断力をセラミック粒子に与える必要がなく、セラミック粒子が粉砕されてしまうことを抑制、防止して、セラミック粒子ロットの凝集性のばらつきなどによって、積層セラミック電子部品の特性が、目標とする範囲から外れたり、目標とする特性値を下回る特性値しか得られなかったりすることを効率よく防止することが可能になる。具体的には、例えば、積層セラミックコンデンサの場合における、設計温度特性が目標とする範囲から外れたり、設計容量を下回る容量値しか得られなかったりするような事態の発生を効率よく抑制することが可能になる。また、本願発明は、セラミック層の厚み（素子厚）が3 μm以下の積層セラミック電子部品用のセラミックグリーンシートを製造する場合に、特に有意義であり、例えば、薄膜多層の小型大容量の積層セラミックコンデンサを製造するのに適用した場合、電気特性に優れ、信頼性の高い積層セラミックコンデンサを効率よく製造することが可能になる。

【0073】また、本願発明の請求項2のセラミックグ

リーンシートの製造方法のように、プレス板表面温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm² の条件で、平板プレス処理するようにした場合、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。

【0074】また、本願発明（請求項3）のセラミックグリーンシートの製造方法は、セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、静水圧プレス機を用いて、プレス温度：0～150℃、プレス圧力：500～10000 kgf/cm² の条件でキャリアフィルムごと静水圧プレス処理するようにしているが、この場合も、上記の平板プレス法により平滑化処理を施すようにした請求項1の発明の場合と同様の効果を得ることができる。

【0075】また、請求項4のセラミックグリーンシートの製造方法のように、プレス温度：20～100℃、プレス圧力：1000～6000 kgf/cm² の条件で、静水圧プレス処理することにより、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。

【0076】また、本願発明（請求項5）のセラミックグリーンシートの製造方法は、セラミックスラリーをキャリアフィルム上にシート状に成形し、乾燥して得られる乾燥シート（平滑化処理の施されていないセラミックグリーンシート）を、カレンダーロール機を用いて、ニップロール表面温度：0～150℃、プレス圧力（線圧）：50～1000 kgf/cm の条件でキャリアフィルムごとカレンダーロール処理するようにしているので、セラミックグリーンシートの表面の平滑性を、セラミックの粒径や分散性に依存することなく向上させることが可能になり、積層セラミックコンデンサなどに使用するのに適したセラミックグリーンシートを確実に製造することが可能になる。また、カレンダーロール法は、連続処理に適しており、セラミックグリーンシートの製造工程を連続化して、さらに効率よくセラミックグリーンシートを製造することが可能になる。

【0077】また、請求項6のセラミックグリーンシートの製造方法のように、ニップロール表面温度：20～100℃、プレス圧力（線圧）：100～600 kgf/cm*40

*mの条件でカレンダーロール処理するようにした場合、セラミックグリーンシートの表面の平滑性をさらに確実に向上させることが可能になる。

【0078】また、内部電極間に介在するセラミック層の厚み（素子厚）が3 μm以下であるような積層セラミック電子部品においては、その製造に用いられるセラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra値）が、100nmを超えると、寿命が急激に低下する傾向があるが、このような場合に、本願発明を適用することにより（請求項7）、厚みが薄い場合にも、セラミックグリーンシートの表面粗さ（Ra値）を100nm以下にすることが可能になり、それを用いて製造される積層セラミック電子部品の耐久性を向上させることが可能になる。

【0079】また、請求項8のセラミックグリーンシートの製造方法のように、本願発明は厚みが薄く、表面の平滑性に優れていることが要求される積層セラミック電子部品用のセラミックグリーンシートを製造する場合に適用した場合に、特に有意義であり、セラミックスラリーをシート状に成形する成形工程や、表面を平滑化する平滑化処理工程では、セラミックグリーンシートをキャリアフィルムに保持させておき、積層などの工程では、キャリアフィルムから剥離して使用できるようにすることにより、例えば、内部電極間に介在するセラミック層の厚みが薄い薄層多層型の積層セラミック電子部品を効率よく製造することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】比較例のセラミックグリーンシートの表面状態を示す電子顕微鏡写真である。

【図2】本願発明の一実施形態にかかる方法で製造したセラミックグリーンシートの表面状態を示す電子顕微鏡写真である。

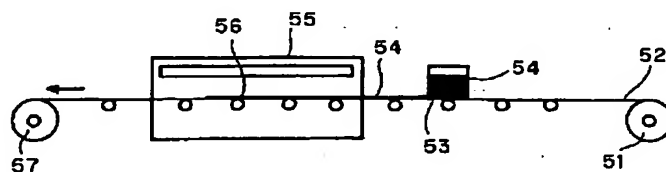
【図3】積層セラミックコンデンサの構造を示す断面図である。

【図4】従来のセラミックグリーンシートの製造方法を示す図である。

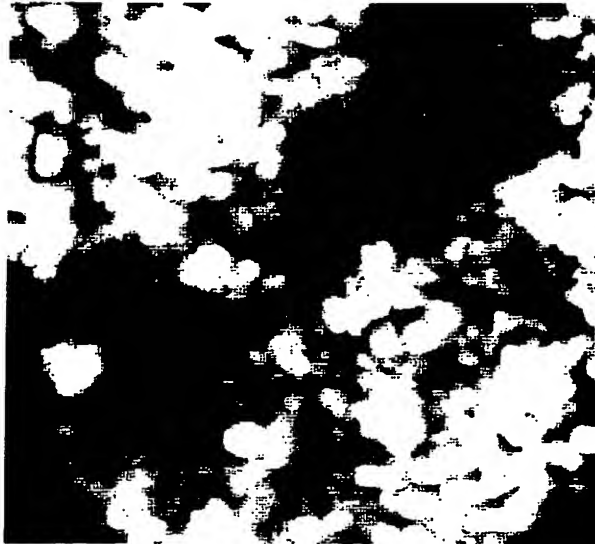
【符号の説明】

- | | |
|----------|---------|
| 1 | セラミック層 |
| 2 a, 2 b | 内部電極 |
| 3 | セラミック素子 |
| 4 a, 4 b | 外部電極 |

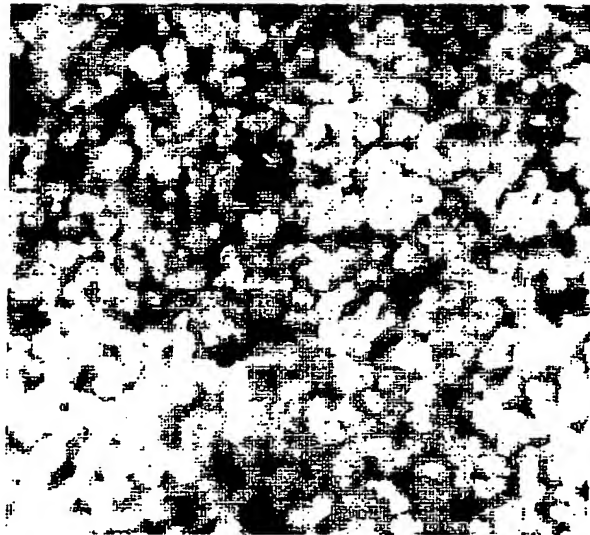
【図4】



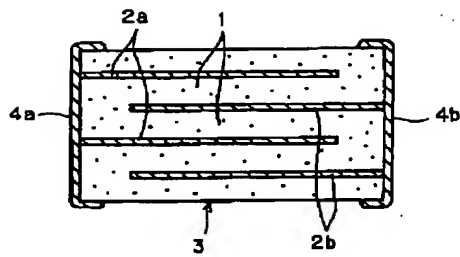
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G030 AA67 BA09 CA08 GA19
 5E001 AB03 AE02 AE03 AH05 AJ02
 5E082 AA01 AB03 EE04 EE23 EE35
 FF05 FG06 FG26 FG54 GG10
 JJ23 KK01 LL01 MM22 MM24
 PP04 PP06 PP07

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-114568

(43)Date of publication of application : 24.04.2001

(51)Int.Cl.

C04B 35/622
H01G 4/12
H01G 4/30

(21)Application number : 11-295324

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 18.10.1999

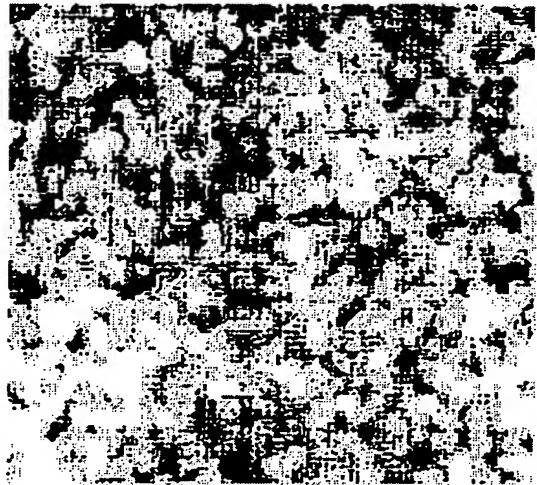
(72)Inventor : YAMANA TAKESHI
MIYAZAKI TAKAHARU

(54) METHOD FOR PRODUCTION OF CERAMIC GREEN SHEET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably produce a ceramic green sheet having excellent surface smoothness and little pinhole defects, etc., even in the case of producing a sheet having thin thickness.

SOLUTION: The surface smoothness of a ceramic green sheet is improved independent of the particle diameter and dispersibility of the ceramic raw material by forming a ceramic slurry in the form of a sheet on a carrier film, drying the sheet to obtain a dried sheet (a ceramic green sheet free from smoothing treatment) and smoothing the green sheet by pressing together with the carrier film using a flat plate press, a hydrostatic press or a calender roll under prescribed temperature and pressure conditions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The forming cycle which applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and fabricates it in the shape of a sheet, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry The monotonous press machine equipped with the press plate of a pair at least is used. Press plate skin temperature: 0-150 degree C, Press pressure: The manufacture approach of the ceramic green sheet characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out monotonous press processing the whole carrier film on condition that 500 - 10000 kgf/cm².

[Claim 2] Press plate skin temperature: 20-100 degrees C, the manufacture approach of the ceramic green sheet according to claim 1 characterized by carrying out monotonous press processing on condition that press pressure: 1000 - 6000 kgf/cm².

[Claim 3] The forming cycle which applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and fabricates it in the shape of a sheet, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry A hydrostatic-pressure press machine is used. Press temperature: 0-150 degree C, Press pressure: The manufacture approach of the ceramic green sheet characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out hydrostatic-pressure press processing the whole carrier film on condition that 500 - 10000 kgf/cm².

[Claim 4] Press temperature: 20-100 degrees C, the manufacture approach of the ceramic green sheet according to claim 3 characterized by carrying out hydrostatic-pressure press processing on condition that press pressure: 1000 - 6000 kgf/cm².

[Claim 5] The forming cycle which applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and fabricates it in the shape of a sheet, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry The calendering roll machine equipped with the nip roll of a pair at least is used. Nip-roll skin temperature: 0-150 degrees C, the manufacture approach of the ceramic green sheet characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out calendering roll processing on condition that press pressure (linear pressure): 50 - 1000 kgf/cm.

[Claim 6] Nip-roll skin temperature: 20-100 degrees C, the manufacture approach of the ceramic green sheet according to claim 5 characterized by carrying out calendering roll processing on condition that press pressure (linear pressure): 100 - 600 kgf/cm.

[Claim 7] The manufacture approach of the ceramic green sheet according to claim 1 to 6 characterized by performing said data smoothing so that the surface roughness (Ra value) of said ceramic green sheet may be set to 100nm or less.

[Claim 8] The manufacture approach of the ceramic green sheet according to claim 1 to 7 which said ceramic green sheet exfoliates from said carrier film, and is characterized by being what is used for manufacture of laminating ceramic electronic parts, and is held possible [exfoliation] by carrying out a laminating at said carrier film.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the electron microscope photograph in which the surface state of the ceramic green sheet of the example of a comparison is shown.

[Drawing 2] It is the electron microscope photograph in which the surface state of the ceramic green sheet manufactured by the approach concerning 1 operation gestalt of the invention in this application is shown.

[Drawing 3] It is the sectional view showing the structure of a stacked type ceramic condenser.

[Drawing 4] It is drawing showing the manufacture approach of the conventional ceramic green sheet.

[Description of Notations]

1 Ceramic Layer

2a, 2b Internal electrode

3 Ceramic Component

4a, 4b External electrode

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] The invention in this application relates to the manufacture approach of the ceramic green sheet used for manufacture of a stacked type ceramic condenser or laminating ceramic electronic parts like a laminating varistor.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, although the stacked type ceramic condenser which is one of the typical laminating ceramic electronic parts is widely used for various applications, the demand to small and large-capacity-izing has been growing further as the miniaturization of electronic parts progresses in recent years.

[0003] Have structure as shown in drawing 3, and this stacked type ceramic condenser minds the ceramic layer 1 two or more internal electrode 2a and whose 2b are dielectric layers. It counters mutually and one edge of internal electrode 2a and 2b is formed by arranging the external electrodes 4a and 4b of internal electrode 2a, 2b, and the pair through which it flows in the both ends of the ceramic component 3 which has the structure pulled out by the end face of a mutually different side.

[0004] And the ceramic green sheet used for manufacture of such a laminating ceramic condenser forms the ceramic layer which are the above dielectric layers, and in order to enlarge acquirable electrostatic capacity and to attain the miniaturization of a product, the thin film-ization is progressing in recent years.

[0005] By the way, the ceramic green sheet is usually manufactured by drying this, after fabricating a ceramic slurry in the shape of a sheet, and various approaches, such as a doctor blade method and a reverse roll coater, are used as an approach of fabricating a ceramic slurry in the shape of a sheet.

[0006] Drawing 4 is what shows an example of the manufacture approach of the conventional ceramic green sheet. For example, here The carrier film 52 is supplied from the carrier film feed zone (carrier film feed roller) 51. By the position With the ceramic slurry spreading means (sheet forming means) (the doctor blade method is used in this example) 53 After applying the ceramic slurry 54 on the carrier film 52, the ceramic slurry 54 is conveyed with the carrier film 52. With the desiccation means 55 After drying the ceramic slurry 54 and forming the ceramic green sheet 56, with the sheet recovery roller 57 He is trying to collect the ceramic green sheets 56 formed in the front face by rolling round the carrier film 52 holding the ceramic green sheet 56 in the condition of having been held at the carrier film 52.

[0007] By the way, in a laminating ceramic condenser as shown in drawing 3, when the thickness (component thickness) of the ceramic layer 1 which intervenes between internal electrode 2a and 2b is set to 3 micrometers or less, it is necessary to manufacture a ceramic green sheet with thin thickness as a ceramic green sheet used for it. However, when a ceramic green sheet with thin thickness is manufactured by the above conventional approaches, there is a trouble that the surface roughness of a ceramic green sheet becomes coarse, or a pinhole defect (pore) occurs in a ceramic green sheet.

[0008] For this reason, while raising the smooth nature of the ceramic green sheet which forms a ceramic layer, the approach of making the particle diameter of a ceramic powder ingredient small is indicated in order to raise the consistency of a ceramic green sheet (JP,10-223469,A).

[0009] However, if particle diameter generally becomes small, since it will become easy to condense the ceramic powder itself and dispersibility will fall, there is a limitation also in improvement in the surface smooth nature of a ceramic green sheet, or densification only by the approach of making particle diameter small. Furthermore, when particle diameter is simply made small by the same presentation in the case of ceramic dielectric powder, a dielectric constant falls and there is a trouble of it becoming impossible to fully correspond to large capacity-ization of a stacked type ceramic condenser.

[0010] Moreover, if big shearing force is given to ceramic powder, although there is the approach of distributing by carrying out high-speed rotation of the ceramic slurry by approaches, such as a sand mill and bis-KOMIRU, and giving a big shear mosquito to a ceramic slurry as an approach of distributing a ceramic slurry, and distribution will progress, there is a trouble that some ceramic powder will be ground. namely, the temperature characteristic of the stacked type ceramic condenser which grinding of ceramic powder brings about fluctuation of a property and is obtained although the surface smooth nature of a sheet will improve by high decentralization, if ceramic powder is ground — from the target range at the time of a design — since — there is a trouble that separate or the dielectric constant of a ceramic dielectric falls.

[0011] Also when solving the above-mentioned trouble and manufacturing a ceramic green sheet with thin thickness, surface smooth nature of the invention in this application is good, and it aims at offering the manufacture approach of the ceramic green sheet which it is stabilized and can manufacture a ceramic green sheet with few pinhole defects etc.

[0012]

<TXF FR=0002 HE=250 WI=080 LX=1100 LY=0300> [Means for Solving the Problem] The forming cycle which the manufacture approach of the ceramic green sheet of the invention in this application applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and is fabricated in the shape of a sheet in order to attain the above-mentioned purpose, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry The monotonous press machine equipped with the press plate of a pair at least is used. Press plate skin temperature:0-150 degree C, Press pressure: It is characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out monotonous press processing the whole carrier film on condition that 500 - 10000 kgf/cm2.

[0013] The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Using a monotonous press machine by carrying out monotonous press processing the whole carrier film on condition that press plate skin temperature:0-150 degree C and press pressure:500 - 10000 kgf/cm2 It becomes possible to raise the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet, without being dependent on the

particle size and the dispersibility of a ceramic, and it becomes possible to manufacture certainly the ceramic green sheet suitable for using it, when manufacturing a stacked type ceramic condenser.

[0014] A monotonous press machine In addition, for example, one pair of parallel plates with which the hard-chromium-plating layer by which mirror polishing was carried out was arranged in the front face (press plate), By pressing from both-sides side, having the pressure control means which controls a press pressure with a press plate, and a heating means to heat a press plate to predetermined temperature, inserting a ceramic green sheet between the press plates of a pair, and heating to predetermined temperature It is equipment constituted so that the front face of a ceramic green sheet could be graduated, and there is especially no constraint about the concrete configuration of a monotonous press machine.

[0015] Moreover, when performing data smoothing by the monotonous pressing method, press processing of every one ceramic green sheet may be carried out, and two or more sheets may carry out press processing in piles. However, it is desirable to double with a ceramic green sheet front face the processing side of the film with which exfoliation processing was performed, and to carry out press processing so that a ceramic green sheet may not paste a press plate. Moreover, when two or more sheets carry out press processing in piles, it is desirable to use what doubled the processing side and ceramic green sheet front face of a film where exfoliation processing was performed in between, and carried out press processing, or performed exfoliation processing at the rear face of a carrier film so that a ceramic green sheet may not paste the piled-up carrier film.

[0016] In the invention in this application, it is because a sheet becomes soft by thermoplasticity, exfoliates from a carrier film and shifts to a press plate side to have made the range of press plate skin temperature into 0-150 degrees C, when in the case of less than 0 degree C a sheet front face becomes hard, and the reduction effectiveness of surface roughness (Ra) becomes inadequate and it exceeds 150 degrees C. Moreover, having made the press pressure into the range of 500 - 10000 kgf/cm² is based on it becoming impossible for a ceramic green sheet to exfoliate, or tear and process from a carrier film, when sufficient surface smoothing effectiveness is not acquired when press pressures are less than two 500 kgf/cm, and a press pressure exceeds 10000 kgf/cm².

[0017] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 2 of the invention in this application is characterized by carrying out monotonous press processing on condition that press plate skin temperature:20-100 degree C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm².

[0018] Press plate skin temperature: It becomes possible by carrying out monotonous press processing to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet on condition that 20-100 degrees C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm². In addition, it will be because a ceramic green sheet shifts to a press plate side depending on the case, a wrinkle occurs on a sheet front face utterly and the reduction effectiveness of surface roughness becomes inadequate by thermoplasticity to have limited press plate skin temperature to 100 degrees C or less, if a ceramic green sheet is heated at 150 degrees C or less exceeding 100 degrees C.

[0019] Moreover, it will be because a wrinkle occurs on the front face of a ceramic green sheet depending on the case and the reduction effectiveness of surface roughness becomes inadequate to have limited the press pressure between press plates to two or less 6000 kgf/cm, if it is made a two or less 10000 kgf/cm press pressure exceeding 6000 kgf/cm².

[0020] As mentioned above, it becomes possible to acquire the surface smoothing effectiveness of a ceramic green sheet certainly, without a ceramic green sheet's exfoliating from a carrier film, or tearing it by setting up the temperature conditions and flow-and-pressure-requirement range suitable for a ceramic green sheet, and performing a monotonous press.

[0021] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of the invention in this application (claim 3) The forming cycle which applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and fabricates it in the shape of a sheet, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry It is characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out hydrostatic-pressure press processing the whole carrier film on condition that press temperature:0-150 degree C and press pressure:500 - 10000 kgf/cm² using a hydrostatic-pressure press machine.

[0022] The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Using a hydrostatic-pressure press machine by carrying out hydrostatic-pressure press processing the whole carrier film on condition that press temperature:0-150 degree C and press pressure:500 - 10000 kgf/cm² It becomes possible to raise the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet, without being dependent on the particle size and the dispersibility of a ceramic, and it becomes possible to manufacture certainly the ceramic green sheet suitable for using it for a stacked type ceramic condenser etc.

[0023] A hydrostatic-pressure press machine In addition, for example, the pressurized container with which liquids, such as oil and water, were filled, The pressurization cylinder which pressurizes a liquid, and the control means which controls the pressure which pressurizes a liquid, On the front face of the metal roll by which possessed a heating means to heat a liquid to predetermined temperature, for example, mirror polishing was carried out By carrying out a vacuum packing with a flexible sheet, where a ceramic green sheet is twisted, being immersed in liquids, such as oil of a hydrostatic-pressure press machine, and water, and performing a hydrostatic-pressure press A ceramic green sheet is pushed against the film on a metal roll side and the rear face of a ceramic green sheet by the uniform pressure, the equipment constituted so that the front face of a ceramic green sheet might be graduated is meant, and there is no constraint special to the concrete configuration. In addition, it is also possible to use the roll which consists of ingredients other than a metal instead of the above-mentioned metal roll.

[0024] Moreover, when twisting a ceramic green sheet in piles around said metal roll also many [-fold] when it presses by the hydrostatic-pressure pressing method, and processing, it is desirable to use for the rear face what performed exfoliation processing as a carrier film. Moreover, if the thickness of the ceramic green sheet as the whole becomes large when a ceramic green sheet is accumulated also on many [-fold] and it twists around a metal roll, it becomes impossible to also disregard the pressure added from the both-ends side side of the twisted ceramic green sheet, and deformation may be produced. In such a case, the bad influence added from the both-ends side side of a ceramic green sheet can be prevented by preparing a flange (flange) in the both ends of a metal roll, and twisting so that the both-ends side of a ceramic green sheet may stick to said flange.

[0025] Moreover, it is also possible to use a monotonous plate and to perform a hydrostatic-pressure press instead of the above-mentioned metal roll. In addition, where two or more ceramic green sheets are accumulated, when performing a hydrostatic-pressure press, it is desirable to use for the rear face what performed exfoliation processing as a carrier film.

[0026] In the invention in this application, it is the same as that of the reason for limitation in the case of performing data smoothing by the monotonous pressing method of above-mentioned claim 1 which made the range of press temperature into 0-150 degrees C, and made the range of a press pressure into 500 - 10000 kgf/cm².

[0027] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 4 is characterized by carrying out hydrostatic-pressure press processing on condition that press temperature:20-100 degree C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm².

[0028] Press temperature: It becomes possible by carrying out hydrostatic-pressure press processing to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet on condition that 20-100 degrees C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm².

In above-mentioned claim 2, it is the same as that of the reason for limitation at the time of making the range of press plate skin temperature into 0-100 degrees C, and making the range of a press pressure into 1000 - 6000 kgf/cm² which made said press temperature into 20-100 degrees C, and limited the press pressure with 1000 - 6000 kgf/cm².

[0029] As mentioned above, it becomes possible to acquire the surface smoothing effectiveness of a ceramic green sheet certainly, without a ceramic green sheet's exfoliating from a carrier film, or tearing it by setting up the temperature conditions and flow-and-pressure-requirement range suitable for a ceramic green sheet, and performing a hydrostatic-pressure press.

[0030] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 5 The forming cycle which applies the ceramic slurry which made the dispersion medium distribute ceramic powder on a carrier film, and fabricates it in the shape of a sheet, The desiccation process which dries the ceramic slurry fabricated in the shape of a sheet on said carrier film, The desiccation sheet formed on the carrier film by drying said ceramic slurry The calendaring roll machine equipped with the nip roll of a pair at least is used. Nip-roll skin temperature: It is characterized by providing the data-smoothing process which graduates a front face by carrying out calendaring roll processing on condition that 0-150 degrees C and press pressure (linear pressure):50 - 1000 kgf/cm.

[0031] The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Using a calendaring roll machine by carrying out calendaring roll processing the whole carrier film on condition that nip roll skin temperature:0-150 degree C and press pressure (linear pressure):50 - 1000 kgf/cm It becomes possible to raise the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet, without being dependent on the particle size and the dispersibility of a ceramic, and it becomes possible to manufacture certainly the ceramic green sheet suitable for using it for a stacked type ceramic condenser etc.

[0032] A calendaring roll machine In addition, for example, the preheating roll which heats a ceramic green sheet beforehand (you may not be depending on the case), With the nip roll of a pair, at least desirably By coming to have a heating means to heat a nip roll, and pressing from both-sides side on both sides of a ceramic green sheet between the nip rolls of a pair It is what means the equipment constituted so that the front face of a ceramic green sheet might be pressurized and graduated. There is especially no constraint about the concrete configuration of a calendaring roll machine. The thing of various types, such as a calendaring roll machine equipped with a single nip roll type calendaring roll machine and two or more pairs of nip rolls equipped with the nip roll of a pair multistage nip roll type, can be used.

[0033] In the invention in this application, it is because a sheet becomes soft by thermoplasticity, exfoliates from a carrier film and shifts to a press plate side to have made the range of nip roll skin temperature into 0-150 degrees C, when in the case of less than 0 degree C a sheet front face becomes hard, and the reduction effectiveness of surface roughness (Ra) becomes inadequate and it exceeds 150 degrees C. Moreover, having made the press pressure (linear pressure) into the range of 50 - 1000 kgf/cm is based on it becoming impossible for a ceramic green sheet to exfoliate, or tear and process from a carrier film, when sufficient surface smoothing effectiveness is not acquired when a linear pressure is less than 50 kgf/cm, and a linear pressure exceeds 1000 kgf/cm.

[0034] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 6 is characterized by carrying out calendaring roll processing on condition that nip roll skin temperature:20-100 degree C and press pressure (linear pressure):100 - 600 kgf/cm.

[0035] Nip-roll skin temperature: It becomes possible by carrying out calendaring roll processing to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet on condition that 20-100 degrees C and press pressure (linear pressure):100 - 600 kgf/cm. In addition, it will be because a ceramic green sheet shifts to a press side depending on the case, a wrinkle occurs on the front face of a ceramic green sheet utterly and the reduction effectiveness of surface roughness becomes inadequate by thermoplasticity to have limited nip roll skin temperature to 100 degrees C or less, if a ceramic green sheet is heated at 150 degrees C or less exceeding 100 degrees C.

[0036] Moreover, it will be because a wrinkle occurs on the front face of a ceramic green sheet depending on the case and the reduction effectiveness of surface roughness becomes inadequate to have limited the press pressure (linear pressure) to 600 or less kgf/cm, if it is made the press pressure (linear pressure) of 1000 or less kgf/cm exceeding 600 kgf/cm.

[0037] As mentioned above, it becomes possible to acquire the surface smoothing effectiveness of a ceramic green sheet certainly, without a ceramic green sheet's exfoliating from a carrier film, or tearing it by setting up the temperature conditions and pressure (linear pressure) condition range suitable for a ceramic green sheet, and performing calendaring roll processing.

[0038] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 7 is characterized by performing said data smoothing so that the surface roughness (Ra value) of said ceramic green sheet may be set to 100nm or less.

[0039] Although there is an inclination for a life to fall rapidly when the surface roughness (Ra value) of the ceramic green sheet used for the manufacture exceeds 100nm in laminating ceramic electronic parts [as / whose thickness (component thickness) of the ceramic layer which intervenes between internal electrodes is 3 micrometers or less] By applying the invention in this application, also when thickness is thin, it becomes possible to set surface roughness (Ra value) of a ceramic green sheet to 100nm or less, and it becomes possible to raise the endurance of the laminating ceramic electronic parts manufactured using it. In addition, in the invention in this application, above-mentioned surface roughness (Ra value) used the microscope between atomic energy, and judged it with the measured value (nm) of 5-micrometer square of field.

[0040] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 8 is characterized by being that by which said ceramic green sheet is used for manufacture of laminating ceramic electronic parts, and is held possible [exfoliation] by exfoliating from said carrier film and carrying out a laminating at said carrier film.

[0041] Thickness of the invention in this application is thin, and especially when excelling in surface smooth nature manufactures the ceramic green sheet for laminating ceramic electronic parts demanded, are significant. At the forming cycle which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet, and the data-smoothing process which graduates a front face The ceramic green sheet is made to hold on a carrier film. At the process of a laminating etc. By enabling it to use it, exfoliating from a carrier film, laminating ceramic electronic parts, such as a stacked type ceramic condenser of a thin layer multilayer mold with the thin thickness of the ceramic layer by which it is placed for example, between internal inter-electrode one, can be efficiently manufactured now.

[0042] In addition, when laminating ceramic electronic parts are manufactured using the ceramic green sheet manufactured by the manufacture approach of the ceramic green sheet of the above-mentioned invention in this application, it becomes possible to reduce the surface roughness (Ra) of the interface of a ceramic layer and an internal electrode. Moreover, since the consistency of a ceramic green sheet can be raised by performing data smoothing to a ceramic green sheet, it becomes possible to reduce the incidence rate of the pore generated in the dielectric element of a capacitor. Furthermore, since the consistency of a sheet increases, it becomes possible to control the sheet attack phenomenon in which the solvent component of electrode paste sinks into a sheet, and a sheet binder is dissolved. Consequently, it becomes possible to manufacture laminating ceramic electronic parts excellent in dependability with long average **** by using the ceramic green sheet manufactured by the manufacture approach of the invention in this application. In addition, when manufacturing the ceramic green sheet for [invention in this application] laminating ceramic electronic parts 3 micrometers or less in the thickness (component thickness) of a ceramic layer, it is especially significant, and it becomes possible to be

a thin film multilayer by using for manufacture of a stacked type ceramic condenser the ceramic green sheet manufactured by the manufacture approach of the invention in this application, to excel in an electrical property, and to manufacture a small mass stacked type ceramic condenser efficiently.

[0043]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of the invention in this application is shown, and the place by which it is characterized [the] is explained in more detail. In addition, it explains here taking the case of the case where the ceramic green sheet used for formation of the dielectric layer of a stacked type ceramic condenser is manufactured.

[0044] ** First, carry out specified quantity [every] weighing capacity of ceramic powder (barium titanate system ceramic powder) and the additive aiming at property reforming etc. as a start raw material, and consider as mixed powder through wet blending. At this time, with the gestalt of oxide powder or carbonation powder, it is added by the approach of mixing to ceramic powder, and wet distribution of each additive is carried out into an organic solvent (dispersion medium). It is desirable to choose the distributed approach which grinding of ceramic powder does not generate, and distributed conditions as the approach of this wet distribution (primary distribution). That is, as for distribution, it is desirable to carry out on the conditions to which the shearing force which is extent which grinding does not generate is given. In addition, specifically as the wet distribution approach, the ball mill method, the sand mill method, the Visco mil relation, the high-pressure homogenizer method, a kneader variational method, etc. can be used.

** Next, by adding an organic binder, a plasticizer, and an organic solvent (dispersion medium), the ceramic slurry was prepared to above-mentioned primary dispersion liquid, and they were distributed the 2nd order by the approach of the above-mentioned primary distribution, and the same approach.

** And this ceramic slurry was fabricated in the shape of a sheet on the carrier film. It is possible to use various well-known approaches, such as a doctor blade method, and the reverse roll coater method, the die coating-machine method, as an approach of fabricating a ceramic slurry in the shape of a sheet. Thus, it is more important for the surface roughness (Ra) of the ceramic green sheet manufactured through the aforementioned distributed processing and shaping to say [that altitude does not need to distribute, so that it becomes a simple grain child, and grinding of ceramic powder has not necessarily arisen].

** Next, data smoothing was performed in order to make smooth the front face of this ceramic green sheet. With this operation gestalt, data smoothing was performed by each approach of the monotonous pressing method, the hydrostatic-pressure pressing method, and the calendering roll method, and the ceramic green sheet (sample) with which the approaches of data smoothing differ was manufactured. In addition, the monotonous press machine possessing the pressure control means to which the hard-chromium-plating layer by which mirror polishing was carried out controls a press pressure with one pair of parallel plates (press plate) arranged in the front face and a press plate by this operation gestalt as a monotonous press machine, and the heating means constituted so that it could maintain to predetermined temperature, while heating the press plate of a pair to predetermined temperature was used. Moreover, the pressurized container with which the liquid was filled as a hydrostatic-pressure press machine and the pressurization cylinder which pressurizes a liquid, The control means which controls a pressure, and the heating means constituted so that it could maintain to predetermined temperature while heating the liquid to predetermined temperature, The hydrostatic-pressure press machine equipped with the metal roll with which a ceramic green sheet is twisted and with which mirror polishing of the front face was carried out is used. Where a ceramic green sheet is twisted around the front face of a metal roll, the vacuum packing was carried out with the flexible sheet, and it was immersed into the liquid of a hydrostatic-pressure press machine, and the hydrostatic-pressure press was performed. Moreover, the so-called single nip roll type equipped with the nip roll (metal roll) of a pair, a heating means equipped with the temperature control device to heat a nip roll to predetermined temperature, and the pressure control means for controlling the press pressure at the time of pressurizing on both sides of a ceramic green sheet from both-sides side with a nip roll (linear pressure) as a calendering roll machine of calendering roll machine was used. However, it is also possible to use a calendering roll machine equipped with two or more pairs of nip rolls multistage nip roll type.

** And the surface roughness of the ceramic green sheet after performing data smoothing was measured as mentioned above by the monotonous pressing method, the hydrostatic-pressure pressing method, and the calendering roll method. In addition, the surface roughness of a ceramic green sheet was measured with the atomic force microscope, and was evaluated using Ra value of 5-micrometer square of field.

[0045] As an example of a comparison, the mean particle diameter of ceramic powder uses barium titanate powder (210nm (example 1 of a comparison), 153nm (example 2 of a comparison), and 98nm (example 3 of a comparison)), and produces a ceramic slurry to Table 1, and the surface roughness (Ra) of the ceramic green sheet (ceramic green sheet which has not performed data smoothing) manufactured by fabricating in the shape of a sheet and drying on a carrier film is shown in it.

[0046]

[Table 1]

試料番号	セラミック粉末の 平均粒径 (nm)	表面粗さ (Ra) (nm)
比較例 1	210	228
比較例 2	153	162
比較例 3	98	120

[0047] The surface roughness (Ra) of the ceramic green sheet of the examples 1, 2, and 3 of a comparison with which surface data smoothing is not performed was 228nm, 162nm, and 120nm, respectively. The electron microscope photograph which photoed the front face of the ceramic green sheet of the example 2 of a comparison to drawing 1 is shown.

[0048] Moreover, a monotonous press machine is used for Table 2 and 3, and the surface roughness (Ra) of a ceramic green sheet at the time of changing and carrying out data smoothing (monotonous press processing) of press temperature (skin temperature of a press plate) and the press pressure is shown in it.

[0049]

[Table 2]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
1	210	0	2,000	211
2	210	0	5,000	208
3	210	0	10,000	200
4*	210	20	200	228
5	210	20	500	192
6	210	20	1,000	110
7	210	20	4,000	80
8	210	20	6,000	72
9	210	20	10,000	165
10*	210	20	12,000	×
11	210	60	500	161
12	210	60	4,000	70
13	210	100	3,000	90
14	210	100	6,000	72
15	210	100	8,000	131
16*	210	100	11,000	×
17	210	125	6,000	141
18	210	150	500	170
19	210	150	10,000	176
20*	210	180	2,000	×

[0050]

[Table 3]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
21*	153	50	200	151
22	153	50	500	128
23	153	50	1,000	86
24	153	50	4,000	35
25	153	50	6,000	38
26	153	50	10,000	108
27*	153	50	12,000	×
28	153	0	3,000	145
29	153	20	3,000	100
30	153	70	3,000	37
31	153	120	3,000	106
32*	153	170	3,000	×
33	98	70	3,000	42
34	98	70	6,000	46
35	98	70	9,000	93
36*	98	70	12,000	×

[0051] Moreover, a hydrostatic-pressure press machine is used for Tables 4 and 5, and the surface roughness (Ra) of a ceramic green sheet at the time of changing and carrying out data smoothing (hydrostatic-pressure press processing) of press temperature (solution temperature) and the press pressure is shown in them.

[0052]

[Table 4]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
101	210	0	2,000	221
102	210	0	5,000	218
103	210	0	10,000	190
104*	210	20	200	228
105	210	20	500	197
106	210	20	1,000	150
107	210	20	4,000	93
108	210	20	6,000	75
109	210	20	10,000	161
110*	210	20	12,000	×
111	210	60	500	163
112	210	60	4,000	67
113	210	100	3,000	98
114	210	100	6,000	68
115	210	100	8,000	142
116*	210	100	11,000	×
117	210	125	6,000	151
118	210	150	500	174
119	210	150	10,000	172
120*	210	180	2,000	×

[0053]

[Table 5]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
121*	153	50	200	157
122	153	50	500	138
123	153	50	1,000	85
124	153	50	4,000	38
125	153	50	6,000	40
126	153	50	10,000	102
127*	153	50	12,000	×
128	153	0	3,000	142
129	153	20	3,000	62
130	153	70	3,000	45
131	153	120	3,000	98
132*	153	170	3,000	×
133	98	70	3,000	45
134	98	70	6,000	52
135	98	70	9,000	93
136*	98	70	12,000	×

[0054] Moreover, a calendering roll machine is used for Tables 6 and 7, and the surface roughness (Ra) of a ceramic green sheet at the time of changing and carrying out data smoothing (calendering roll processing) of the press temperature (skin temperature of a nip roll) and the press pressure (linear pressure) is shown in them.

[0055]

[Table 6]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (線圧) (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
201	210	0	200	212
202	210	0	500	191
203	210	0	1,000	183
204*	210	20	20	228
205	210	20	50	198
206	210	20	100	120
207	210	20	400	83
208	210	20	600	79
209	210	20	1,000	185
210*	210	20	1,200	×
211	210	60	50	168
212	210	60	400	77
213	210	100	300	98
214	210	100	600	73
215	210	100	800	142
216*	210	100	1,100	×
217	210	125	600	152
218	210	150	50	179
219	210	150	1,000	189
220*	210	180	200	×

[0056]

[Table 7]

試料番号	セラミック粉末の平均粒径 (nm)	プレス温度 (℃)	プレス圧力 (線圧) (kgf/cm ²)	表面粗さ (R a) (nm)
221*	153	50	20	162
222	153	50	50	138
223	153	50	100	90
224	153	50	400	32
225	153	50	600	33
226	153	50	1,000	119
227*	153	50	1,200	×
228	153	0	300	150
229	153	20	300	92
230	153	70	300	25
231	153	120	300	107
232*	153	170	300	×
233	98	70	300	24
234	98	70	600	26
235	98	70	900	84
236*	98	70	1,200	×

[0057] In Tables 2, 3, 4, 5, 6, and 7, it is a thing outside the invention-in-this-application range (example of reference) which shows * mark to the right of a sample number. Moreover, that x was indicated to be to the column of surface roughness (Ra) shows that the tear occurred to a ceramic green sheet.

[0058] [About the surface roughness at the time of performing data smoothing by the monotonous pressing method (Ra)]

(a) When ceramic powder with a particle size of 210nm is used (refer to Table 2)

Sample numbers 1-20 are the cases where the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm is used. In addition, Ra of the

ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 1 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm was 228nm. Among the ceramic green sheets using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm, sample numbers 1-3 were the ceramic green sheets which performed data smoothing (monotonous press processing) at the press temperature of 0 degree C, and even if they changed the press pressure, since press temperature was low, the effectiveness of Ra reduction was all slight [sample numbers]. Sample numbers 4-10 are the cases where data smoothing (monotonous press processing) is performed at the press temperature of 20 degrees C. The sample number 4 was the example of reference which made the press pressure 200 kgf/cm² lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than two 500 kgf/cm, the Ra reduction effectiveness was not accepted. The Ra reduction effectiveness that sample numbers 5-9 were big when a press pressure is made into 1000 - 6000 kgf/cm² like sample numbers 6-8 at ** by accepting the Ra reduction effectiveness by the case where press pressures are two or more 500 kgf/cm and two or less 10000 kgf/cm was accepted. Moreover, although its Ra reduction effectiveness was large since a sample number 9 had the press pressure as high as 10000 kgf/cm², some wrinkle-like patterns occurred in the ceramic green sheet. In the case where press pressure 10000 kgf/cm² is exceeded, the sheet exfoliated from the carrier film and the tear produced the sample number 10 (example of reference). Sample numbers 11 and 12 are the cases where press temperature is 60 degrees C. Press pressures are 500 kgf/cm² and 4000 kgf/cm², respectively, and are understood that the latter which has a press pressure in the more desirable range is [the Ra reduction effectiveness] larger. Sample numbers 13-16 are the cases where press temperature is 100 degrees C. In the range of the press pressure 1000 - 6000 kgf/cm², it turns out that the reduction effectiveness of Ra is more large. Since the press pressure was over 10000 kgf/cm², the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 16 (example of reference). Sample numbers 17-19 have press temperature and a press pressure in the more desirable range, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. Although the press pressure was in the desirable range, since temperature was over 150 degrees C, the sheet exfoliated from the carrier film and the tear produced the sample number 20 (example of reference).

[0059] (b) When ceramic powder with a particle size of 153nm is used (refer to Table 3)

Sample numbers 21-32 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 153nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 2 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 153nm was 162nm. Sample numbers 21-27 are 50 degrees C in press temperature, and are the cases where a press pressure is changed. The sample number 21 (example of reference) was the example of reference which made the press pressure 200 kgf/cm² lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than two 500 kgf/cm, sufficient Ra reduction effectiveness was not accepted. Sample numbers 22-26 have a press pressure in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. It turned out that especially the sample of sample numbers 23-25 is in the condition range where a press pressure is still more desirable, and surface roughness can be reduced even less than [Ra100nm]. The electron microscope photograph which photoed the front face of the ceramic green sheet of a sample number 24 to drawing 2 is shown. It turns out that the organization is doing eburation compared with the ceramic green sheet (refer to drawing 1) of the example 2 of a comparison. Moreover, although press temperature is 50 degrees C and was in the good range, the press pressure was over 10000 kgf/cm², the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 27 (example of reference). Sample numbers 28-32 are the cases where made the press pressure into 3000 kgf/cm², and press temperature is changed. Sample numbers 28-31 have press temperature in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. Especially, sample numbers 29 and 30 showed the reduction effectiveness of still better Ra. Although the sample number 32 (example of reference) was in the range where a press pressure is desirable at 3000 kgf/cm², since temperature was over 150 degrees C, exfoliation of a sheet arose.

[0060] (c) When ceramic powder with a particle size of 98nm is used (refer to Table 3)

Sample numbers 33-36 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 98nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 3 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 98nm was 120nm. Press temperature was 70 degrees C and sample numbers 33-36 were the cases where a press pressure was changed. Both the sample numbers 33-35 are in the range where press temperature and a press pressure are desirable, and the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet was accepted. Moreover, sample numbers 33 and 34 showed the still better result. However, in the sample number 36 (example of reference), since the press pressure was over 10000 kgf/cm², exfoliation of a ceramic green sheet arose.

[0061] From the above result, as conditions for data smoothing by the monotounous pressing method (conditions of a press), press temperature was 0-150 degrees C, and the range of 500 - 10000 kgf/cm² had the desirable press pressure, and it was checked that the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet is acquired in this range. Moreover, when press temperature was 20-100 degrees C and a press pressure was 1000 - 6000 kgf/cm², it turned out that the bigger Ra reduction effectiveness is acquired.

[0062] [About the surface roughness at the time of performing data smoothing by the hydrostatic-pressure pressing method (Ra)]

(a) When ceramic powder with a particle size of 210nm is used (refer to Table 4)

Sample numbers 101-120 are the cases where the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm is used. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 1 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm was 228nm. Among the ceramic green sheets using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm, sample numbers 101-103 were the ceramic green sheets which performed data smoothing (hydrostatic-pressure press processing) at the press temperature of 0 degree C, and even if they changed the press pressure, since press temperature was low, the effectiveness of Ra reduction was all slight [sample numbers]. Sample numbers 104-110 are the cases where data smoothing (hydrostatic-pressure press processing) is performed at the press temperature of 20 degrees C. The sample number 104 was the example of reference which made the press pressure 200 kgf/cm² lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than two 500 kgf/cm, the Ra reduction effectiveness was not accepted. The Ra reduction effectiveness that sample numbers 105-109 were big when a press pressure is made into 1000 - 6000 kgf/cm² like sample numbers 106-108 at ** by accepting the Ra reduction effectiveness by the case where press pressures are two or more 500 kgf/cm and two or less 10000 kgf/cm was accepted. Moreover, although its Ra reduction effectiveness was large since a sample number 109 had the press pressure as high as 10000 kgf/cm², some wrinkle-like patterns occurred in the ceramic green sheet. In the case where press pressure 10000 kgf/cm² is exceeded, the sheet exfoliated from the carrier film and the tear produced the sample number 110 (example of reference). Sample numbers 111 and 112 are the cases where press temperature is 60 degrees C. Press pressures are 500 kgf/cm² and 4000 kgf/cm², respectively, and are understood that the latter which has a press pressure in the more desirable range is [the Ra reduction effectiveness] larger. Sample numbers 113-116 are the cases where press temperature is 100 degrees C. In the range of the press pressure 1000 - 6000 kgf/cm², it turns out that the reduction effectiveness of Ra is more large. Since the press pressure was over 10000 kgf/cm², the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 116 (example of reference). Sample numbers 117-119 have press temperature and a press pressure in the more desirable range, and the reduction

effectiveness of Ra was accepted. Although the press pressure was in the desirable range, since temperature was over 150 degrees C, the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 120 (example of reference).

[0063] (b) When ceramic powder with a particle size of 153nm is used (refer to Table 5)

Sample numbers 121-132 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 153nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 2 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 153nm was 162nm. Sample numbers 121-127 are 50 degrees C in press temperature, and are the cases where a press pressure is changed. The sample number 121 (example of reference) was the example of reference which made the press pressure 200 kgf/cm² lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than two 500 kgf/cm, sufficient Ra reduction effectiveness was not accepted. Sample numbers 122-126 have a press pressure in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. It turned out that especially the sample of sample numbers 123-125 is in the condition range where a press pressure is still more desirable, and surface roughness can be reduced even less than [Ra100nm]. Moreover, although press temperature is 50 degrees C and was in the good range, the press pressure was over 10000 kgf/cm², the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 127 (example of reference). Sample numbers 128-132 are the cases where made the press pressure into 3000 kgf/cm², and press temperature is changed. Sample numbers 128-131 have press temperature in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. Especially, the sample number 129,130 showed the reduction effectiveness of still better Ra. Although the sample number 132 (example of reference) was in the range where a press pressure is desirable at 3000 kgf/cm², since temperature was over 150 degrees C, exfoliation of a sheet arose.

[0064] (c) When ceramic powder with a particle size of 98nm is used (refer to Table 5)

Sample numbers 133-136 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 98nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 3 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 98nm was 120nm. Press temperature is 70 degrees C and sample numbers 133-136 are the cases where a press pressure is changed. Both the sample numbers 133-135 are in the range where press temperature and a press pressure are desirable, and the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet was accepted. Moreover, the sample number 133,134 showed the still better result. However, in the sample number 136 (example of reference), since the press pressure was over 10000 kgf/cm², exfoliation of a sheet arose.

[0065] The above result showed that the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet was acquired as conditions for data smoothing by the hydrostatic-pressure pressing method (conditions of a press) when press temperature is 0-150 degrees C and a press pressure is 500 - 10000 kgf/cm². Moreover, when press temperature (solution temperature) was 20-100 degrees C and a press pressure was 1000 - 6000 kgf/cm², it turned out that the bigger Ra reduction effectiveness is acquired.

[0066] [About the surface roughness at the time of performing data smoothing by the calendering roll method (Ra)]

(a) When ceramic powder with a particle size of 210nm is used (refer to Table 6)

Sample numbers 201-220 are the cases where the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm is used. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 1 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm was 228nm. Among the ceramic green sheets using the ceramic powder whose mean particle diameter is 210nm, sample numbers 201-203 were the ceramic green sheets which performed data smoothing (calendering roll processing) at the press temperature (skin temperature of a nip roll) of 0 degree C, and even if they changed the press pressure (linear pressure), since press temperature was low, the effectiveness of Ra reduction was all slight [sample numbers]. Sample numbers 204-210 are the cases where data smoothing (calendering roll processing) is performed at the press temperature of 20 degrees C. The sample number 204 was the example of reference which made the press pressure (linear pressure) 20 kgf/cm lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than 50 kgf/cm, the Ra reduction effectiveness was not accepted. The Ra reduction effectiveness that sample numbers 205-209 were big when a press pressure (linear pressure) is made into 100 - 600 kgf/cm like sample numbers 206-208 at ** by accepting the Ra reduction effectiveness by the case where press pressures (linear pressure) are 50 or more kgf/cm and 1000 kgf/cm or less was accepted. Although its Ra reduction effectiveness was large since a sample number 209 had the press pressure (linear pressure) as high as 1000 kgf/cm, some wrinkle-like patterns occurred in the ceramic green sheet. In the case where a press pressure (linear pressure) exceeds 1000 kgf/cm, the sheet exfoliated from the carrier film and the tear produced the sample number 210 (example of reference). Sample numbers 211 and 212 are the cases where press temperature is 60 degrees C. Press pressures (linear pressure) are 50 kgf/cm and 400 kgf/cm, respectively, and are understood that the latter which has a press pressure (linear pressure) in the more desirable range is [the Ra reduction effectiveness] larger. Sample numbers 213-216 are the cases where press temperature is 100 degrees C. In the range of the press pressure (linear pressure) 100 - 600 kgf/cm, it turns out that the reduction effectiveness of Ra is more large. Since the press pressure (linear pressure) was over 1000 kgf/cm, the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 216 (example of reference). Sample numbers 217-219 have press temperature and a press pressure (linear pressure) in the more desirable range, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. Although the press pressure (linear pressure) was in the desirable range, since temperature was over 150 degrees C, the sheet exfoliated from the carrier film and the tear produced the sample number 220 (example of reference).

[0067] (b) When ceramic powder with a particle size of 153nm is used (refer to Table 7)

Sample numbers 221-232 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 153nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 2 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 153nm was 162nm. Sample numbers 221-227 are 50 degrees C in press temperature, and are the cases where a press pressure (linear pressure) is changed. The sample number 221 (example of reference) was the example of reference which made the press pressure (linear pressure) 20 kgf/cm lower than the range of the invention in this application, and since press ** was less than 50 kgf/cm, sufficient Ra reduction effectiveness was not accepted. Sample numbers 222-226 have a press pressure (linear pressure) in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. It turned out that especially the sample of sample numbers 223-225 is in the condition range where a press pressure (linear pressure) is still more desirable, and surface roughness can be reduced even less than [Ra100nm]. Moreover, although press temperature is 50 degrees C and was in the good range, the press pressure (linear pressure) was over 1000 kgf/cm, the ceramic green sheet exfoliated from the carrier film, and the tear produced the sample number 227 (example of reference). Sample numbers 228-232 are the cases where made the press pressure (linear pressure) into 300 kgf/cm, and press temperature is changed. Sample numbers 228-231 have press temperature in the condition range of the invention in this application, and the reduction effectiveness of Ra was accepted. Especially, the sample number 229,230 showed the reduction effectiveness of still better Ra. Although the sample number 232 (example of reference) was in the range where a press pressure (linear pressure) is desirable at 300 kgf/cm, since temperature was over 150 degrees C, exfoliation of a sheet arose.

[0068] (c) When ceramic powder with a particle size of 98nm is used (refer to Table 7)

Sample numbers 233-236 are the cases where the mean particle diameter of ceramic powder is 98nm. In addition, Ra of the ceramic green sheet (data smoothing is not carried out) of the above-mentioned example 3 (Table 1) of a comparison using the ceramic powder whose mean particle diameter is 98nm was 120nm. Press temperature is 70 degrees C and sample numbers 233-236 are the cases where a press pressure (linear pressure) is changed. Both the sample numbers 233-235 are in the range where press temperature and a press pressure (linear pressure) are desirable, and the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet was accepted. Moreover, the sample number 233,234 showed the still better result. However, in the sample number 236 (example of reference), since the press pressure (linear pressure) was over 1000 kgf/cm, exfoliation of a sheet arose.

[0069] The above result showed that the Ra reduction effectiveness of a ceramic green sheet was acquired as conditions for data smoothing by the calendering roll machine (conditions of a press) when nip roll skin temperature is 0-150 degrees C and a press pressure (linear pressure) is 50 - 1000 kgf/cm. Moreover, when nip roll skin temperature was 20-100 degrees C and a press pressure (linear pressure) was 100 - 600 kgf/cm, it turned out that the bigger Ra reduction effectiveness is acquired.

[0070] In addition, in the invention in this application, although the above-mentioned operation gestalt explained as ceramic powder which constitutes a ceramic green sheet taking the case of the case where barium titanate system ceramic powder is used, ceramic powder can apply the invention in this application widely, when forming a ceramic green sheet from the various ceramic powder which is not limited to this and uses strontium titanate, titanic-acid calcium, etc. as a principal component. moreover, effectiveness the same as when a drainage system slurry is used although explained as a ceramic slurry containing ceramic powder taking the case of the case where an organic system slurry is used -- ***** -- things are possible. Moreover, it is possible to use the thing containing various binders, a plasticizer, etc. as a ceramic slurry, and it is possible to choose and use the class and amount suitably according to the ceramic green sheet made into the purpose.

[0071] Further, also in other points, it is not limited to the above-mentioned operation gestalt and an example, and the invention in this application can add various application and deformation within the limits of the summary of invention.

[0072]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the manufacture approach of the ceramic green sheet of the invention in this application (claim 1) The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Since it is made to carry out monotonous press processing on condition that press plate skin temperature:0-150 degree C and press pressure:500 - 10000 kgf/cm² the whole carrier film using a monotonous press machine It becomes possible to raise the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet, without being dependent on the particle size and the dispersibility of a ceramic, and it becomes possible to manufacture certainly the ceramic green sheet suitable for using it for a stacked type ceramic condenser etc. Moreover, since the consistency of a ceramic green sheet becomes high by data smoothing, it becomes possible to control generating of internal defects, such as a pore, generating of the sheet attack phenomenon in which the solvent component of electrode paste sinks into a sheet, and a sheet binder is dissolved when printing electrode paste to a ceramic green sheet, etc. Therefore, it becomes possible to manufacture the laminating ceramic electronic parts with long average **** with which dependability broke by manufacturing laminating ceramic electronic parts, such as a stacked type ceramic condenser, using the ceramic green sheet manufactured by the approach of the invention in this application. Moreover, in the invention in this application, since it is made to perform data smoothing to a ceramic green sheet Like the approach the height of the dispersibility of a ceramic particle tends to realize smoothing of the front face of a ceramic green sheet It is not necessary to give superfluous shearing force to a ceramic particle at the time of distribution of a ceramic slurry, and controls and prevents that a ceramic particle will be ground. By coherent dispersion of a ceramic particle lot etc. It becomes possible to prevent efficiently about the property of laminating ceramic electronic parts separating from the target range, or only the characteristic value which is less than a target characteristic value being acquired. It becomes possible to control efficiently generating of the situation where the design temperature characteristic in the case of a stacked type ceramic condenser does not separate from the target range, or only capacity value which is less than design capacity is specifically acquired. Moreover, when it applies to manufacturing the small mass stacked type ceramic condenser of a thin film multilayer with the invention in this application especially significant when the thickness (component thickness) of a ceramic layer manufactures the ceramic green sheet for laminating ceramic electronic parts 3 micrometers or less for example, it excels in an electrical property and it becomes possible to manufacture a reliable stacked type ceramic condenser efficiently.

[0073] Moreover, like the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 2 of the invention in this application, when monotonous press processing is made to be carried out on condition that press plate skin temperature:20-100 degree C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm², it becomes possible to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet.

[0074] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of the invention in this application (claim 3) The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Although it is made to carry out hydrostatic-pressure press processing on condition that press temperature:0-150 degree C and press pressure:500 - 10000 kgf/cm² the whole carrier film using a hydrostatic-pressure press machine The same effectiveness as the case of invention of claim 1 which was made to perform data smoothing by the above-mentioned monotonous pressing method also in this case can be acquired.

[0075] Moreover, it becomes possible like the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 4 to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet by carrying out hydrostatic-pressure press processing on condition that press temperature:20-100 degree C and press pressure:1000 - 6000 kgf/cm².

[0076] Moreover, the manufacture approach of the ceramic green sheet of the invention in this application (claim 5) The desiccation sheet (ceramic green sheet with which data smoothing is not performed) which fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet on a carrier film, and is obtained by drying Since it is made to carry out calendering roll processing on condition that nip roll skin temperature:0-150 degree C and press pressure (linear pressure):50 - 1000 kgf/cm the whole carrier film using a calendering roll machine It becomes possible to raise the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet, without being dependent on the particle size and the dispersibility of a ceramic, and it becomes possible to manufacture certainly the ceramic green sheet suitable for using it for a stacked type ceramic condenser etc. Moreover, it becomes possible for the calendering roll method to be suitable for consecutive processing, to continuation-ize the production process of a ceramic green sheet, and to manufacture a ceramic green sheet still more efficiently.

[0077] Moreover, like the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 6, when calendering roll processing is made to be carried out on condition that nip roll skin temperature:20-100 degree C and press pressure (linear pressure):100 - 600 kgf/cm, it becomes possible to raise still more certainly the smooth nature of the front face of a ceramic green sheet.

[0078] Moreover, although there is an inclination for a life to fall rapidly when the surface roughness (Ra value) of the ceramic green sheet used for the manufacture exceeds 100nm in laminating ceramic electronic parts [as / whose thickness (component thickness) of the ceramic layer which intervenes between internal electrodes is 3 micrometers or less] By applying the invention in this application,

in such a case, also when (claim 7) and thickness are thin It becomes possible to set surface roughness (Ra value) of a ceramic green sheet to 100nm or less, and it becomes possible to raise the endurance of the laminating ceramic electronic parts manufactured using it.

[0079] Moreover, thickness of the invention in this application is thin like the manufacture approach of the ceramic green sheet of claim 8. When excelling in surface smooth nature manufactures the ceramic green sheet for laminating ceramic electronic parts demanded and it applies At the forming cycle which is significant and fabricates a ceramic slurry in the shape of a sheet especially, and the data-smoothing process which graduates a front face The ceramic green sheet is made to hold on a carrier film. At the process of a laminating etc. By enabling it to use it, exfoliating from a carrier film, the laminating ceramic electronic parts of a thin layer multilayer mold with the thin thickness of the ceramic layer by which it is placed for example, between internal inter-electrode one can be efficiently manufactured now.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

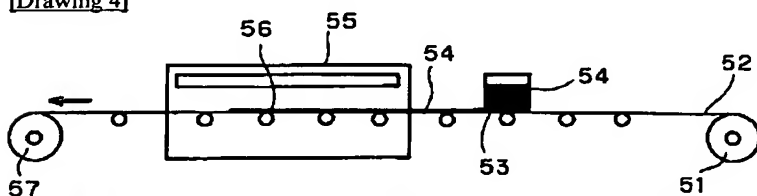
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

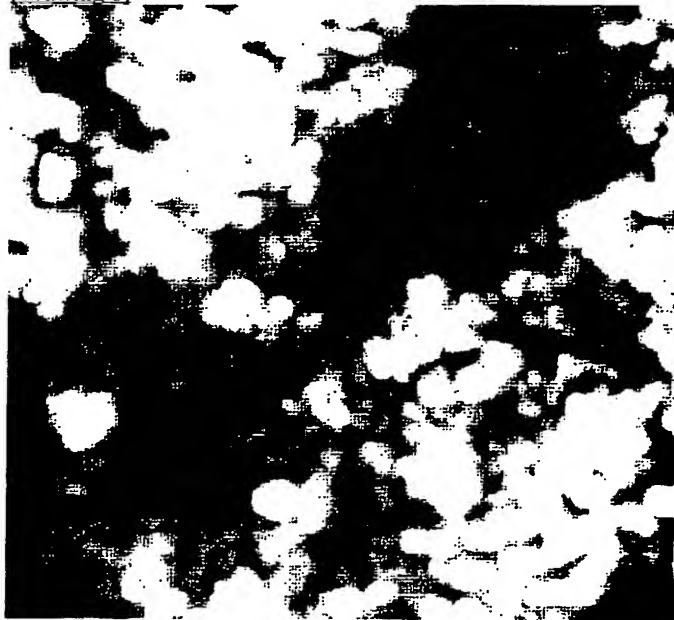
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

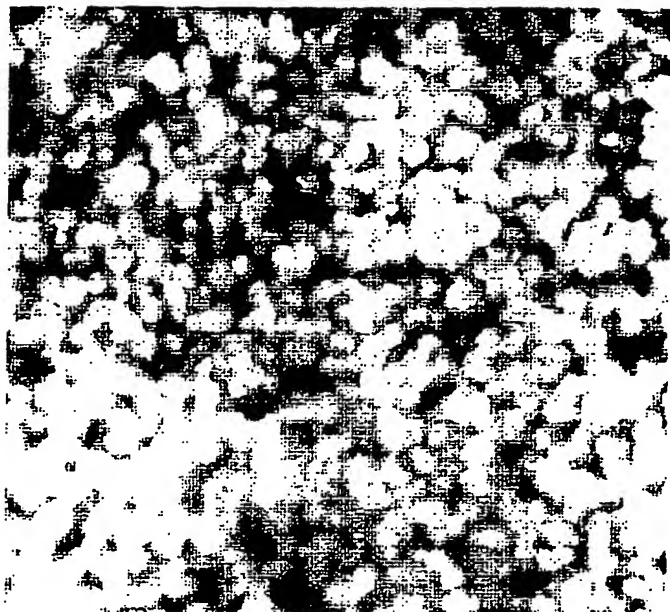
[Drawing 4]



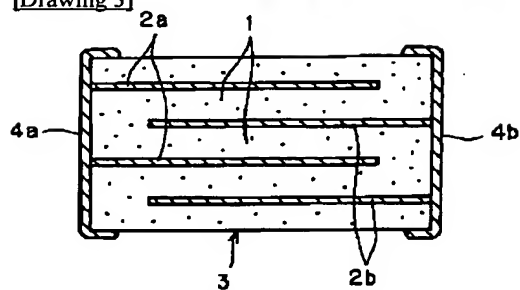
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]